

А. ТОМИН

# В ПОИСКАХ ПЕРВОНАЧАЛ













**А.ТОМИЛИН**

# **В ПОИСКАХ ПЕРВОНАЧАЛ**

Научно-художественная  
книга

ЛЕНИНГРАД  
«ДЕТСКАЯ ЛИТЕРАТУРА»  
1978

001  
T—56

Научный редактор  
доктор физико-математических наук  
В. М. Шехтер

Рисунки и оформление  
Б. Забирохина

© Издательство «Детская литература», 1978 г.

70803—194  
T—  
M101(03)—78      Без обьявл.

... Мысль человека бесконечно углубляется от явления к сущности, от сущности первого, так сказать, порядка, к сущности второго порядка и т. д. без конца.

В. И. Ленин. Философские тетради

## Предисловие

Книга, которую вы держите в руках, посвящена истории атомистики — учения о прерывистом, или дискретном, строении материи, а также современному состоянию этого учения.

Интерес к атомистике понятен. Вот уже более ста лет, как она олицетворяет собой передний край науки, и всякий новый этап атомистики означает очередной переворот в естествознании. Ею занимались самые выдающиеся ученые, чьи идеи и личные качества определяли развитие науки на десятилетия. От чисто умозрительных гипотез древнегреческих философов атомистика прошла длинный путь до грандиозной даже по современным меркам научной проблемы, на исследование которой тратятся миллиарды.

Писать об атомистике и ее истории очень трудно. Слишком много сделано, слишком много сказано. Вдобавок атомные явления всё дальше и дальше уводят исследователей от привычного нам мира «макроскопических» предметов в особый «микромир», где действуют совсем иные законы, часто представляющиеся неспециалистам противоестественными. Дело еще в том, что человеческая фантазия легко воспринимает количественные изменения и с трудом — качественные. (Во все времена люди складывали легенды о великанах и карликах, о чудищах с множеством лап, голов и хвостов, но только в XX веке фантаст придумал мыслящую лужу.) Поэтому очень нелегко найти аналогии, позволяющие представить, что же происходит в парадоксальном мире атомов и субатомных частиц.

Автору этой книги, ленинградскому писателю А. Н. Томилину, много работающему в жанре научно-популярной литературы и написавшему уже 12 книг на различные темы, пришлось проделать очень большую работу. Из безбрежного океана информации надо было отобрать самые важные и интересные факты, рассказать о том, как и почему ученым приходилось менять свои взгляды на строение вещества, что представляет собой атомистика наших дней. И все это надо было сделать на достаточно понятном и занимательном уровне, чтобы книга была понятна школьникам старших классов. Вдобавок хотелось бы сделать так, чтобы после чтения книги становилось ясно: хотя изучение природы вообще и

мира мельчайших частиц в частности — дело трудное, заниматься им невероятно увлекательно. Как автор справился со всем этим, судить, конечно, читателю.

Развитие атомистики прослежено в книге до наших дней, когда передовым рубежом естествознания стала физика элементарных частиц. Автор говорит о ней достаточно подробно, но в этой области существует столько интересных проблем, что о них стоит сказать еще несколько слов. В окружающем нас веществе число элементарных частиц мало — всего несколько штук. Но когда физики научились разгонять их до очень больших энергий с помощью специальных машин — ускорителей и сталкивать друг с другом, то оказалось, что в результате таких соударений образуется множество других, столь же «элементарных» частиц. Новые частицы, как правило, тяжелее протона или электрона и потому нестабильны. Прожив некоторое время, они распадаются на другие частицы, более лёгкие. Поэтому в окружающем нас веществе таких частиц нет; они «вымерли».

Тем не менее сам факт существования нескольких сот элементарных частиц вызывает естественный вопрос: нет ли в природе еще более элементарных объектов, из которых построены известные нам частицы, подобно тому как атомное ядро состоит из протонов и нейтронов? И наконец, если элементарных частиц так много, то не следует ли перестать все их так называть? В конце концов, что вообще «элементарно» в элементарных частицах?

Ответ современной физики на эти вопросы лучше начать с конца. Элементарны не столько сами по себе элементарные частицы, сколько их взаимодействия. Под взаимодействием частиц принято понимать не только силы притяжения или отталкивания их на расстоянии, но и вообще причину всевозможных физических процессов и превращений, в которых частицы участвуют.

Сегодня нам известны четыре основных типа взаимодействий: сильное, электромагнитное, слабое и гравитационное (тяжение). Именно эти четыре типа взаимодействий определяют современную физическую картину мира. Представить ее себе можно в следующем виде. На самых малых расстояниях, порядка  $10^{-13}$  сантиметра и меньше, преобладают сильные взаимодействия. В частности, они связывают протоны и нейтроны в ядра и являются главной причиной бесчисленных превращений одних частиц в другие. Однако сильное взаимодействие очень быстро убывает с расстоянием. Стоит частицам разойтись хотя бы на  $10^{-11}$  сантиметра, как оно уже практически перестает чувствоватьться. И тогда в игру вступает электромагнитное взаимодействие. Оно в сто с лишним раз слабее сильного, но зато с расстоянием убывает медленно.

Потому и могут положительно заряженные ядра удерживать на расстоянии отрицательно заряженные электроны, образуя с помощью электромагнитных взаимодействий такие сложные системы, как атомы.

Положительный заряд ядра компенсируется отрицательным зарядом электронов, поэтому вне атома электрические силы убывают с расстоянием уже довольно быстро. И в целом атом нейтрален. Но именно этот, быстро убывающий, «хвост» электрических сил ответствен за соединение атомов в молекулы, за силы сцепления, связывающие молекулы в тела, а заодно и за все те явления, с которыми имеют дело химики.

Можно сказать, что на уровне привычных нам тел электромагнитное взаимодействие является самым важным.

Следующим этапом является уровень небесных тел — планет, комет, звезд. Здесь уже электромагнитные силы оказываются несущественными. Основными становятся силы гравитации (тяготения).

Сила тяжести всегда приводит к притяжению тел и никогда — к отталкиванию. Чем больше масса тел, тем сильнее их притяжение. В отличие от электричества «компенсации» гравитационных «зарядов», то есть масс, никогда не происходит. В результате гравитация, совершенно не существенная на уровне элементарных частиц, оказывается основой всей небесной механики.

Из описанной картины выпало четвертое, или, как его называют, слабое, взаимодействие. Между тем его роль весьма своеобразна. Оно выполняет обязанности как бы «чистильщика». Если бы слабого взаимодействия не существовало, мир был бы много богаче. Наряду с электронами на атомных орбитах крутились бы отрицательно заряженные мюоны. Помимо протонов и нейтронов, в атомных ядрах можно было бы найти еще более тяжелые частицы — скажем, «лямбда-гипероны». И таких экзотических объектов существовало бы довольно много.

Слабое взаимодействие дает возможность всем «лишним» объектам микромира распасться на более легкие частицы. Тем самым оно приводит к тому, что окружающее нас вещество состоит из минимально возможного набора трех частиц — электрона, протона и нейтрона.

Итак, элементарные частицы оправдывают свое название, прежде всего, тем, что именно в процессах с их участием физики исследуют природу трех элементарных взаимодействий — сильного, электромагнитного и слабого. Никакой иной возможности для этого мы не знаем. (Как уже отмечалось, силы тяготения имеют особый характер и заметны лишь для достаточно больших тел.)

Ну, а как же быть с проблемой, не являются ли некоторые частицы более элементарными, чем другие?

Ответ на этот вопрос отрицателен: нет! Все частицы могут превращаться друг в друга, и в этом отношении ни одна из них не может быть выделена. Что же касается стабильных — электрона, протона и нейтрона, — то их единственная особенность заключается в том, что они наиболее легкие частицы в своем классе и потому стабильны. Нет более легких объектов, на которые они могли бы распасться. В этом нет ничего особенного. Потому что, как бы ни был устроен мир, одни частицы должны быть легче других, и ничем иным протон, нейtron и электрон не замечательны.

Более того, с позиций современной науки справедливо утверждение, что «все состоит из всего». Например, нейtron можно считать состоящим из протона и отрицательного пиона, если принять, что энергия связи равна энергии покоя пиона. (Мы помним, что энергия равна массе, умноженной на квадрат скорости света.) Аналогично можно утверждать, что протон состоит из нейтрона и положительного пиона. Продолжая эту цепочку, мы приедем к утверждению, что протон может превращаться в другой протон и пару пионов и так далее...

Иначе говоря, всякая сильно взаимодействующая частица (или адрон, как стали называть такие частицы с легкой руки московского физика Л. Б. Окуня)

представляет собой целое облако всевозможных адронов, которые непрерывно рождаются, уничтожаются и переходят друг в друга. Можно в принципе привести целый ряд доводов в пользу правильности такой картины.

Описанная ситуация является весьма необычной и по сути дела кладет конец традиционному развитию атомистики, при котором каждый объект микромира предполагается составленным из определенного числа более мелких «кирпичиков». Иначе говоря, если мы дошли до таких энергий связи, которые равны энергиям покоя частиц, то число этих частиц в связанном состоянии становится неопределенным и может быть сколь угодно большим.

Но... Именно в этом месте физики столкнулись с новым парадоксом, значение которого может оказаться не меньшим, чем пересмотр понятий одновременности, интервала времени и длины в теории относительности или отказ от представления об определенной траектории частицы в квантовой механике.

Появился целый ряд экспериментальных результатов, которые можно интерпретировать как наличие внутри, скажем, протона или нейтрона трех почти свободных объектов, которые получили название кварков.

Свойства других частиц — мезонов также позволяют представить их в виде совокупности кварка и его «античастицы» — антикварка.

Особым свойством кварков должно быть наличие у них дробного электрического заряда, равного либо  $2/3$ , либо  $-1/3$ , в тех же единицах, в которых заряд протона равняется  $+1$ , а заряд электрона  $-1$ . Это необычное свойство (дробность электрического заряда) делает кварки весьма заметными объектами. Их принялись искать везде, где только можно. Искали «реликтовые» кварки, то есть те, которые могли остаться в земных породах с незапамятных времен рождения Солнечной системы, искали в метеоритах, искали в космических лучах, приходящих на землю из межзвездных глубин. Новые кварк-антикварковые пары пытались создать, сталкивая частицы, разогнанные до огромных энергий на самых больших ускорителях мира.

И все попытки, все эксперименты дали отрицательный результат. В свободном состоянии кварки не найдены. Были, правда, два сообщения — одно австралийской, а другое — американской группы — об открытии частиц с дробным электрическим зарядом, кратным  $1/3$  от заряда электрона, но оба сообщения не подтвердились в более точных экспериментах.

В итоге перед физиками возникла противоречивая ситуация. С одной стороны, сильно взаимодействующие частицы — адроны непрерывно превращаются друг в друга, и потому «все состоит из всего». С другой стороны, появились доводы в пользу совсем иной картины, в которой те же адроны представляют собой совокупность определенного числа — двух или трех кварков. И в то же время свободные кварки не найдены...

Поиски выхода из указанных противоречий привели в последние годы к идее о том, что кварки представляют собой не просто более мелкие частицы, а объекты совершенно нового типа, связанные между собой необычными силами. Силы эти не убывают с расстоянием, а растут!

На малых расстояниях («внутри» элементарной частицы) кварки взаимодействуют слабо, и потому протон или нейтрон можно представлять как систему из

трех почти свободно движущихся夸арков. Но стоит этим странным объектам разойтись на большее расстояние, как силы притяжения между夸арками становятся огромными. Потому и не удается «развести»夸арки друг от друга так далеко, чтобы их можно было наблюдать как независимые частицы.

Ситуация здесь совершенно противоположна той, с которой сталкивались физики до сих пор, скажем, в атоме или в его ядре.

Хотя математически законченной теории «невылетания»夸арков еще нет, физики все больше склоняются к изложенным выше идеям. Если они подтвердятся, то это будет означать новый этап атомистики.

Традиционная атомистика как учение о дискретности материи, о подразделении одних объектов на другие, более мелкие, завершается на уровне элементарных частиц, обладающих свойствами взаимных превращений и, следовательно, состоящих друг из друга. Вместо нее появляется новая атомистика, как учение о совсем новых и необычных «субэлементарных» объектах, не существующих изолированно в «свободном» виде. Сведения об их существовании и свойствах можно получить лишь в результате косвенных экспериментов.

Чем больше проходит времени, тем больше накапливается информации о夸арках. Сперва были известны лишь три их сорта, потом стало четыре. В 1977 году был обнаружен пятый夸арк, и есть подозрение, что существует и шестой... Так или иначе, число夸арков растет, и в конце концов может возникнуть вопрос о существовании еще более необычных «суб夸арковых» объектов...

В настоящее время, однако, такой вопрос смысла не имеет, поскольку нет никаких ни теоретических, ни экспериментальных указаний на то, в каких явлениях эти объекты могли бы проявиться.

История с夸арками интересна в двух отношениях. Во-первых, она показывает, что парадоксы природы, раскрытием которых так богата физика XX века, далеко не исчерпаны. Во-вторых, из нее следует, что атомистика, об истории которой вы узнаете из этой книги, вовсе не завершена. И не исключено, что кому-нибудь из читателей доведется вписать в нее новую главу, как это и предлагает сделать в конце книги сам автор.

В. М. Шехтер,  
доктор физико-математических наук



**Часть первая,** в которой пойдет речь о том,  
как представляли себе люди строение материи  
в древнейшие времена,  
а также о том, как родилась наука  
о превращениях тел — ХИМИЯ.



# ГЛАВА ПЕРВАЯ



## ИЗ ЧЕГО СОСТОИТ ВСЕ!

Давайте начнем с выяснения смысла, который заключается в слове «элемент». Некоторые специалисты считают сам термин весьма древним, появившимся впервые в латинском языке еще до начала нашей эры. Но и тогда он уже имел характер не менее универсальный, чем сегодня, обозначая собой «начало, основу, стихию» или простое, несложное вещество, как мы считаем сегодня. А что, оглядываясь вокруг себя, мог назвать человек началами, основой мира или стихиями?

Оказалось, что в разные эпохи люди далеко не одинаково представляли себе основы одних и тех же вещей и явлений. Их представления зависели от уровня цивилизации, от образа жизни и даже от мест, в которых жили люди в древности. Ведь все гипотезы, даже фантазии и древние мифы, всегда имели своим истоком накопленный повседневный опыт и нужды обыденной практики.

По мнению археологов, первые цивилизации зародились в долинах больших рек, там, где природные условия благоприятствовали земледелию. Некоторые из таких мест нам известны. Это, прежде всего, речные долины Индии и Китая, Месопотамии и Египта. Найдены остатки доисторических поселений и у нас в стране: в долинах рек Амудары и Сырдарьи.

Весной могучие реки широко разливались, досыпая землю и покрывали поля плодородным илом. Земледельцы знали: много воды — хороший будет и урожай, сытый год.

С незапамятных времен научились люди беречь и уважать землю и воду. Земля да вода — основа жизни! Да и общего между ними немало. Отними у воды тепло, которое несет с собой огонь, и превратится жидкая вода в твердый лед. Такой же твердый, как камень. У камней твердость — главное свойство. И у льда тоже. Разве не значит это, что камни и лед — родственники?

А что будет, если добавить земле тепла, нагреть ее в пламени? Жар расплывит твердые камни. Потекут они огненными ручьями. А разве текучесть не главное свойство воды? Получается, что и с этой стороны земля и вода — родственники, объединенные могучей силой огня.

Уже в очень древние времена люди умели плавить твердую землю и получать из нее семь металлов: золото, серебро, медь, свинец, олово, ртуть и железо.

До наших дней сохранилась книга, написанная китайскими мудрецами за тысячу лет до нашей эры. Называется она «Книга о гармонии тьмы». Авторы собрали в ней все, что было им известно о мире. По их мнению, он имел пять основ. К первым трем — земле, воде и огню — мудрецы добавили еще металл и дерево...

У других народов такие наборы могли быть иными. Со временем, чем больше узнавали люди, тем больше элементов могли внести они в свои списки первоначал. «Ранние химики, — пишет английский ученый Дж. Бернал, — были знакомы по меньшей мере с девятью химическими элементами — золотом, серебром, медью, оловом, свинцом, ртутью и железом, а также с серой и углеродом. К тому же они пользовались и различали сплавы других элементов, таких, как цинк, сурьма и мышьяк».

Увеличение числа элементов нарушало единство мира. И постепенно кое-кто стал поговаривать, что такие рассуждения неправильны и что в мире должна быть вообще только одна «первичная материя»... Какая? На этот счет мнения расходились. Древнегреческий философ Фалес, живший в VI веке до нашей эры, считал первоосновой всего существующего воду. Другие его соотечественники отдавали предпочтение воздуху или огню...

Был известен и еще один взгляд на строение материи. Пробовали ли вы когда-нибудь раскалывать камни и разглядывать свежие сколы? Наверняка пробовали! А если так, то вспомните, сколько в каждом из них разноцветных зерен, кристалликов, частиц. Не только камень, любое твердое вещество, любую «землю» можно раздробить на отдельные частички. Точно так же можно разбрзгать на капли воду или развеять на искры огонь... А не значит ли это, что все, все в мире построено из мельчайших частичек земли, воды, воздуха?

Такая простая мысль обязательно должна была возникнуть у древних народов. И действительно: в старых-престарых трактатах индийской философии говорится, что все в мире состоит из крошечных круглых частиц — зерен-ану. Зерна эти настолько малы, что практически



В темных штолнях,  
скучно освещенных  
масляными светильниками,  
добывали рабы  
драгоценную руду.

не имеют даже размера и не делятся на части. Они вечны и неизменны и пребывают в непрерывном движении. Стоит двум зернам нечаянно встретиться, и сразу под действием невидимой силы «адристы» соединяются они воедино, образуя частицу «двиануку». Двиануки тоже невидимы, но три из них, соединившись вместе, образуют «триануку», которую, по мнению мудрецов, уже можно заметить невооруженным глазом. Все вещи и существа — комбинации из этих частиц. Когда существо погибало, составлявшие его частицы распадались, формируясь со временем в новый организм...

Интересное учение, не правда ли? Не отсюда ли берет начало великое учение об атомном строении вещества, провозглашенное в IV веке до нашей эры замечательным древнегреческим философом Демокритом?..

Так постепенно, из попыток объяснить загадочные процессы превращений веществ, сложились основные точки зрения на их состав и строение. Первая заключалась в том, что все в мире имеет единые первоначала. Вторая — что эти первоначала представляют собой несколько наипростейших элементов, строение которых непрерывно. И третья точка зрения, противоречащая второй, заключалась в том, что все в мире следует рассматривать состоящим не из непрерывных субстанций, а из мельчайших частиц, которые дальше неделимы и неразрушаются.

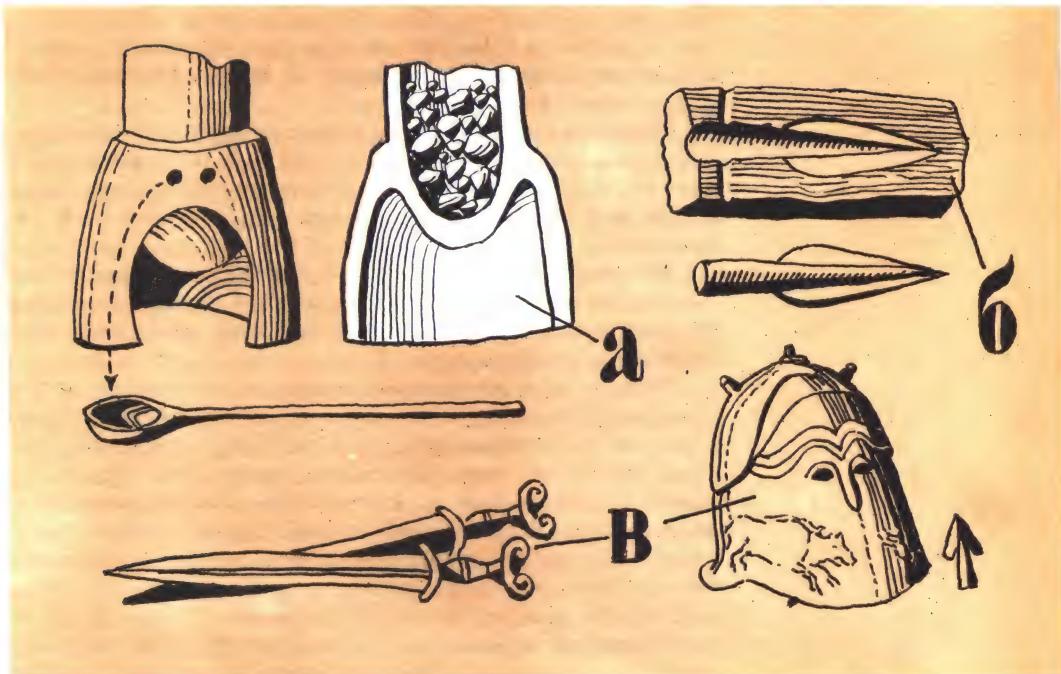
Так уже в самых первых идеях и точках зрения было заложено противоречие: мир непрерывен или прерывен — дискретен? Трудности этого противоречия заключались в том, что ни одну из точек зрения доказать было невозможно. Древние мыслители не имели под руками синхрофазотронов и не знали о таком явлении, как радиоактивность... Атомы в их представлении были невидимы и неощущимы. А пойди попробуй доказать, что существует то, чего никто не видит, не слышит и не ощущает. Ведь древние мастера не знали даже такого простого способа контроля, как взвешивание (весы еще не были изобретены).

Тем не менее все три идеи выжили. Они развились, изменились в соответствии с ростом человеческих знаний и даже добрались до нашего времени. Но об этом рассказ еще впереди.

## РОЖДЕНИЕ ХИМИИ И КАК ИЗ ХИМИИ ПОЛУЧАЛАСЬ АЛХИМИЯ

С незапамятных времен процесс превращения руды или простой «земли» в блестящий ковкий металл был настолько впечатляющ, что казался чудом. Древние папирусы рассказывают, как в египетских храмах втайне, под присмотром жрецов, мастера выплавляли драгоценные золото и серебро, добывали медь и свинец, олово, ртуть и железо. За много лет до нас они умели де-

лать краски, которые не потеряли своего цвета и сегодня, нашли составы для бальзамирования, секреты которых неизвестны современной науке. Египетские мастера первыми, пытаясь получить драгоценную бирюзу или синюю ляпис-лазурь, изготавлили голубую глазурь и научились делать стекло. Долгое время они не понимали, почему медь и золото, так похожие друг на друга цветом, отличаются по другим свойствам. Может быть, причина этого таилась в более густом оттенке меди?



И вот, пытаясь ее осветлить и сделать более похожей на золото, египтяне открыли бронзу. Этот сплав меди с оловом и некоторыми другими металлами, как вы знаете, произвел настоящую революцию в истории цивилизации.

Многое, очень многое умели делать жители далеких эпох. Вот только понять механизм всех этих превращений не могли древние мастера. Ни понять, ни объяснить. Во всем они полагались на интуицию и опыт. А чтобы запомнить то, что мы сегодня называем технологией, придумывали мифы-сказки, в которых все непонятные явления приписывались воле богов.

На пестрых восточных базарах халдейские маги из-под полы показывали непосвященным маленькие палочки из белого олова. «Ик-касдуру» называли они его. Стоило начать сгибать такую палочку, как раздавался хруст. «Это кричит гордый металл, — объясняли халдеи, — если избавить его от крика, он превратится в серебро».

*Атрибуты  
древней металлургии:*

- Печь в разрезе
- Форма
- Изделия

Иногда во время богослужений опытные жрецы подкидывали на раскаленные угли курильниц серу. Сера горела, наполняя храмы ядовитым газом. В клубах испарений людям чудились демоны...

Недаром в древности называли Египет «страной Хеми», что означало в переводе «черной страной». Может быть, отсюда и пошло название для таинственного «черного» искусства превращения материалов — ХИМИИ?

Чем дальше развивались древние государства, тем больше золота и серебра требовалось их властителям. За золотом отправляли экспедиции, золото отнимали. На золото обменивали и покупали все! Благородные металлы казались всемогущими.

Старатели довольно часто находили золото в медных рудах. Да золото и похоже на медь. А не рождается ли оно из меди? Вот только почему-то его всегда мало в «медной земле». Зато иногда вдруг попадаются са-мородки...

Может быть, это боги или духи небесные заведовали количеством благородного металла в земле и вообще покровительствовали металлургам при извлечении металлов из руд?

Немало способствовало рождению всяческих мифов то обстоятельство, что число «семь» в представлении древних людей было священным. Семь отверстий в голове человека, семь светил на небе, семь металлов в земле. Постепенно все металлы в народных представлениях оказались связаны с небесными телами: золото — с Солнцем, серебро — с Луной, медь — с Венерой, железо — с Марсом, свинец — с Сатурном, олово — с Юпитером, а ртуть — с Меркурием...

Мастерам хорошо было известно, что при перегонке ртути часто можно было получить в остатке крошечный кусочек — «королек» — золота или серебра. А не значило ли это, что ртуть сама по себе — лишь чуть-чуть подпорченное серебро, у которого не хватает твердости? А само серебро не является ли не совсем чистым золотом? О том, что ртуть могла иметь примеси благородных металлов, никто не думал. Напрашивался прямой вывод: нужно найти вещества-посредники и правильный способ их смешивания. Совсем немного, чтобы научиться превращать неблагородные металлы в золото.

Однако поиски этого «немногого» затянулись на тысячи лет. А когда все-таки метод превращения одних элементов в другие был открыт, он оказался нерациональным и никому не нужным. Так неужели все зря? Напрасны усилия, жертвы, целые века алхимии, как называли арабы науку или искусство превращения тел, и столетия неразрешимых сомнений натуралистов?

Чтобы ответить на этот вопрос, нам придется еще не раз обращаться к истории науки, начиная с древне-



Меня зовут Эррор Ляпсус — алхимик, алфизик, магистр всех тайных и явных наук. А это дракон Вэритас. Он больше символ, но умеет превращаться и кусаться. Во всем остальном это очень миленький дракоша.

греческих философов и алхимиков<sup>1</sup> средних веков и кончая гипотезами и предположениями современных физиков-теоретиков.

В V веке до нашей эры жил в жарком сицилийском городе Акраганте человек по имени Эмпедокл. Был он сыном знатного человека, который славился как противник тирании и борец за республику. Такая слава была особенно почетной, потому что правила в ту пору сицилийскими городами в большинстве случаев тираны.

Молодой Эмпедокл был известен как поэт и весьма красноречивый оратор-ритор. А надо сказать, что умение говорить красиво, впечатляюще и уж, конечно, без шпаргалки весьма ценилось в Древней Греции.

В ту пору от краснобайства до политики путь не был особенно длинным. И Эмпедокл рано начал заниматься политической деятельностью. А поскольку судьба политика неустойчива, то, пользуясь своим поэтическим даром, любил он туманно порассуждать о природе и человеческих чувствах — словом, пофилософствовать. И хотя некоторые сограждане уверяли, что молодой Эмпедокл — шарлатан и мошенник, в преданиях сохранилось, что в родном городе был он весьма заметной личностью и считался государственным человеком. Но вскоре, впав в немилость сограждан, вынужден был покинуть Акрагант. Тогда, выдавая себя за жреца и врача, распространяя о себе слухи как о чудотворце, он объехал всю Сицилию, побывал в Греции.

Эмпедокл, по-видимому, знал взгляды некоторых философов, живших до него. Не в состоянии сделать выбор между едиными праматериями, он предпочел объединить их и стал учить, что мир состоит не из какой-нибудь одной сущности, а из четырех: земли, воды, воздуха и огня. Но одних сущностей ему было мало. Следовало еще подумать о силах, которые их объединяют и разделяют и тем самым способствуют возникновению, превращениям и разрушению тел. И Эмпедокл выдвинул в качестве мировых сил дружбу и вражду или любовь и ненависть. Вот как он писал об этом в своей поэме:

Сначала послушай, что четыре корня всего существующего  
Огонь и вода, и земля, и безгранична высь эфира;  
Из них (образовалось) все что было, что есть и что будет.  
... То любовью соединяется все воедино,  
То, напротив, враждою ненависти все несется в разные стороны.  
... И эта постоянная смена никогда не прекращается...

<sup>1</sup> В Египте искусство превращать одни вещества в другие называлось химией. Но когда арабы завоевали Египет, они приставили к химии частицу ал-, характерную для арабского языка. Алхимики занимались в основном поисками способов превращения неблагородных металлов в золото, часто обращаясь к помощи духов, нечистой силы и заклинаний.

## ЭЛЕМЕНТЫ — СТИХИИ, ЛЮБОВЬ И НЕНАВИСТЬ В ПРИРОДЕ

По мнению Эмпедокла, когда побеждала любовь, в мире происходило объединение стихий: все цвело и плодоносило, рождались новые вещи. И в то же время любовь, как начало единства, означала у него устойчивость, а следовательно, и неподвижность. Но долго так продолжаться не могло, стоило чаше весов склониться в сторону ненависти, как начинался процесс всеобщего разделения и движения...

Пожалуй, сущности Эмпедокла носили скорее всего вполне материальный характер: земля как земля, а вода как вода... Философ не считал, что огонь можно представить состоящим из мельчайших, уже неделимых дальше частичек-искр, а воду — из таких же мельчайших неделимых капелек.

По мнению Эмпедокла, любую искру и каплю можно было делить еще и еще, каждая сущность могла делиться до бесконечности, имела характер непрерывный, или сплошной.

Это очень важная особенность его взглядов, потому что вся дальнейшая история поисков человечеством первоначал является одновременно и историей борьбы двух идей: идеи непрерывности материи с идеей дискретности, или зернистости, ее строения. И в разные времена побеждали различные точки зрения.

## АРИСТОТЕЛЬ (384—322 ГОДЫ ДО НАШЕЙ ЭРЫ)

По свидетельствам историков, Аристотель родился во Фракии, в городе Стагире. Его отец был наследственным придворным лекарем царя Македонии и наверняка передал сыну если не свои знания, то хотя бы интерес к познанию вообще.

Когда юному отпрыску царского лекаря исполнилось семнадцать лет, он приехал в Афины и поступил в Академию знаменитого философа Платона. Целых двадцать лет оставался Аристотель его учеником и лишь после этого срока покинул стены платоновской школы.

Окончив обучение, он много путешествовал, набирался знаний и опыта. И неожиданно получил предложение царя Македонии Филиппа заняться воспитанием его тринадцатилетнего сына Александра — будущего великого полководца, завоевавшего полмира...

Конечно, вряд ли стоит думать, что именно своему учителю Александр Македонский обязан победами. Для непоседливого и наверняка избалованного царевича его новый наставник был скорее помехой в шалостях и развлечениях, сторожем, приставленным к нему отцом. Тем более, что философа трудно было назвать обаятельным. Аристотель был хил. Его тонкие губы вечно змеились язвительной усмешкой. Короче говоря, тринадцатилетнему сорванцу он должен был казаться старым и скучным педантом. Да и общение философа с будущим пол-



Четыре стихии,  
четыре качества,

ководцем продолжалось недолго. Уже в шестнадцать лет Александр возглавил войско отца и начал походную жизнь.

Аристотель был весьма педантичен, многие историки подчеркивали эту черту его характера. Тем не менее царственный воспитанник до самой своей смерти питал к учителю чувство если не любви, то глубокого уважения. Он не только щедро одарил его, но и не забывал присыпать из дальних походов редкости, а время от времени и письма...

Расставшись с Александром, Аристотель вернулся в Афины, где основал школу. Там он в течение двенадцати лет написал большинство своих философских сочинений и воспитал много учеников.

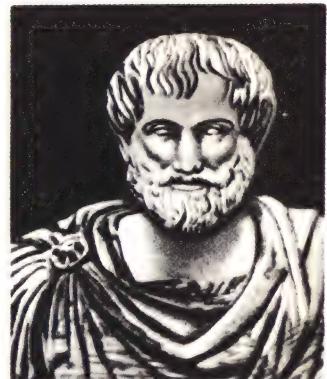
В своем учении Аристотель продолжал развивать взгляды Эмпедокла, изменив их немного по-своему. Он также был уверен, что первоосновой всего существующего является какая-то единая первоматерия. Но существовать она могла в четырех разных состояниях: быть сухой и холодной, определяя тем самым стихию земли; быть холодной и влажной, определяя стихию воды; быть теплой и влажной, примером чего должна была считаться стихия воздуха, и быть сухой и теплой, как стихия огня. Других элементарных состояний в природе существовать, по мнению Аристотеля, не могло.

Попробуйте сами представить в одном теле сочетание теплого и холодного или сухого и влажного. Невозможно! Противоположные качества уничтожат друг друга.

К четырем стихиям Эмпедокла Аристотелю, правда, пришлось прибавить пятую — эфир. По мнению философа, земля и небо не могли иметь между собой ничего общего. А следовательно, для всего небесного хозяйства нужна была и специальная форма материи — эфир. Из эфира, полагал философ, состояли небеса, звезды и планеты.

Первичная материя Аристотеля была чем-то вроде сырой глины во дворе гончарного мастера. Что получится из нее: горшок для варки пищи рабам или амфора, которая служит украшением стола аристократа? Все зависит от конечной цели, которую поставил перед собой гончар. Цель была очень важным понятием в философской системе Аристотеля.

Некоторые историки считают, что Аристотель внес в древнюю науку не много нового и своего, что почти все имеющееся в его трудах заимствовано им у других. Если это и так, следует помнить, что Аристотель объединил эти сведения, собрал в стройную систему, связанную логикой. Именно он создал фактически первую картину мира. До него такого взгляда на мир с определенных позиций не существовало. Предшественники философа добыли много сведений, но они лежали как груда кирпичей, из которых Аристотель сумел возвести постройку.



Аристотель — величайший философ древности. Объединив накопленные до него знания, он создал первую в истории человечества картину мира.

Правда, нужно признать, что его картина мира оказалась довольно противоречивой. Например, разделяя взгляды тех, кто считал мир состоящим из непрерывных начал-элементов, он в то же время не мог не согласиться, что крупные тела состоят из мелких, а мелкие — из мельчайших.

Что же положить в основу мира? Так и не пришел Аристотель в этом вопросе к окончательному решению. И его сомнения породили позже многовековой спор между сторонниками двух непримиримых точек зрения.

Одни, утверждая непрерывность начал, лежащих в основе мира, делили эти начала до бесконечности и, получив в остатке «ничто», допускали мысль, что из «ничего» можно получить «нечто»!

Пройдут столетия, и сторонников таких взглядов назовут идеалистами.

Представители другого лагеря твердо стояли на том, что в основе каждого материального тела лежат мельчайшие, невидимые глазом, но от того не менее материальные, неделимые далее частицы-атомы. Кроме атомов, в мире была пустота — ничто. Но если атомы — основа материальных тел, то из «ничего» ничего и получится!

И тоже столетия спустя проповедников таких идей назовут материалистами.

А как же сам Аристотель? Увы, в своих взглядах на природу он всю жизнь колебался между материализмом и идеализмом. Тем не менее еще при жизни слава о нем разнеслась по всему миру. Во многом этому помогли победы его ученика Александра. И наверное, Аристотель немало бы сделал и еще в своей жизни... Но...

Неожиданно гонцы принесли в Афины весть о смерти великого полководца Александра Македонского — царя Греции и покровителя Аристотеля. Обрадованные гибелью тирана, афиняне тут же восстали. И прежде всего стали преследовать всех сторонников Александра. Философи предъявили обвинение в безбожии, в том, что он не почитал богов. Не дожидаясь суда, Аристотель бежал из Афин.

Однако изгнание никого еще не сделало счастливым. И всего год спустя великий учитель умер, отправившись, как говорили, во время трапезы рыбой...

---

РАССКАЗЫВАЮТ, что во время одного из походов в Египет легионеры Александра Македонского обнаружили на могильной плите старого заброшенного кладбища удивительную надпись. В войсках Александра было немало ученых людей. И вот что они прочли:

«... Истинно, несомненно и верно, что все, что есть внизу, подобно тому, что есть наверху, и все, что есть наверху, подобно тому, что есть внизу, для совершения чуда превращения единого...

Солнце — его отец. Луна — его мать. Ветер носит его в своем чреве. Земля — его кормилица.

Ты отделишь землю от огня, воздушное от грузного с величайшей тщательностью и осторожностью. Единое поднимется от земли к небу и снова опустится на землю, заимствуя таким образом силу верхних и нижних вещей.

Так ты обретешь славу всего мира и мрак удалится от тебя. Это начало совершенства, средоточие природы всех тел... Так был создан Мир...»

Непонятно, правда? Однако среди философов Александра были и знатоки искусства египет-

ской химии. Они сразу же объявили, что воины нашли могилу великого мужа по имени Гермес Трисмегист<sup>1</sup>, что означало «Гермес Трижды Величайший».

А в загадочном отрывке надписи на каменной плите, обнаруженной воинами Александра Македонского (в дальнейшем ее назвали «Изумрудной Скрижалью Гермеса»), языком символов и туманных образов сообщался способ получения философского камня — ключа ко всем возможным превращениям вещества.

Одновременно древние алхимики считали философский камень единой первоосновой мира. И глубоко верили в то, что тот, кому он дастся в руки, сможет превращать простую медь в золото, из ртути получать благородное серебро и не только превращать придорожные булыжники в алмазы и яхонты, но и излечивать все болезни, возвращать старому телу молодость. Короче говоря, адепт — человек, посвященный в тайну философского камня, — может стать властелином мира...

Так что еще в древние времена, пока философы спорили о том, сколько первоначал имеет окружающий нас мир и какой они носят характер, прерывистый (дискретный) или непрерывный, алхимики-практики втихомолку трудились над поисками философского камня. Они отдали предпочтение единой основе мира и хотели ее найти.

Основоположником материалистического взгляда на дискретное атомистическое строение материи считается древнегреческий философ Демокрит. Он учил, что все тела состоят из бесчисленного количества сверхмалых, невидимых глазом, неделимых частиц-атомов, которые непрерывно движутся в пустоте... Никто их не создавал. Они были всегда. Никто их не может и уничтожить. Хотя разрушить тела, составленные из атомов, — труд небольшой.

Что же представляли собой эти неделимые частицы, по мнению Демокрита? Прежде всего, они были материальны — значит, обладали весом, имели разную форму и размеры. Соединяясь друг с другом, они составляли все видимые вещи. Из плотных соединений получались тела твердые, из менее плотных образовывались вода и воздух...

Ученики Демокрита спрашивали: «Почему атомы соединяются между собой? Ведь, обладая весом, они должны в пустом пространстве падать отвесно вниз. Как же они могут встретиться и столкнуться? Какие силы сцепляют одну частицу с другой?»

Это были нелегкие вопросы. Проще всего было бы объяснить встречи атомов волей богов. Но Демокрит в богов не верил.

Можно было бы объяснить столкновение атомов случайностью. Но случайностей философ также не допускал.

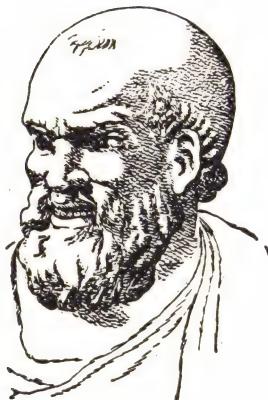
<sup>1</sup> Имя Гермес принадлежало греческому богу — сыну Зевса и плеяды Майи, у которого было много обязанностей. Согласно мифам, он покровительствовал путникам и торговцам, а заодно бродягам, плутам и мошенникам. Он провожал души умерших в подземный Аид. Позже его отождествляли с древнеегипетским богом мудрости Тотом и считали покровителем тайных знаний.

Именем же Гермеса Трисмегиста называли легендарного мудреца, который получает знания от самого бога в виде божественного откровения, то есть на веру, без проверки опытом или сравнения с действительностью.

## АТОМ АТОМУ РОЗЬ



Старинная гравюра, изображающая покровителя алхимиков Гермеса Трижды Величайшего.



Демокрит из Абдеры, древнегреческий философ, один из основоположников атомистики.

Однажды ему рассказали о смерти лысого, на голову которому упала черепаха, случайно оброненная пролетевшим орлом. Подумав, Демокрит сказал, что не видит в происшествии никакой случайности. То, что человек шел по улице в указанном направлении, легко объясняется делами, которые его туда позвали. То, что орел нес в когтях черепаху, можно понять, если предположить, что орел был голоден или невдалеке было его гнездо с птенцами. Увидев под собой сверкающую лысину проходившего человека, орел мог принять ее за удобный утес и сбросить на него черепаху специально, чтобы разбить панцирь и достать мясо...

Нет, случайность для объяснения встреч атомов не годилась. Пришлось Демокриту специально придумывать какую-то механическую необходимость или «рок» для объяснения столкновения атомов в пустоте. А чтобы понятно было, как эти частицы держатся друг за друга, он снабдил одни из них крючочками, а другие петельками. Попробуй не поверь — ведь атомы-то невидимы...

Представление о том, что все в мире состоит из мельчайших материальных частиц, абсолютно прочных, непроницаемых и неделимых, было куда более наглядным и убедительным, чем неощутимые стихии. Мы уже видели, что мир, составленный из стихий, вызывал затруднения даже у Аристотеля, когда дело доходило до дробления вещества на все более и более мелкие части. Но атомы Демокрита казались слишком грубыми и земными... Тогда как настоящая философия должна была заниматься рассуждениями о чистом и возвышенном, не касаясь земного и телесного. Так считали в те времена.

Особенно возмущен был гипотезой атомов Платон — учитель Аристотеля. Поговаривали, что он приказывал своим ученикам всюду собирать сочинения Демокрита и безжалостно сжигать. Может быть, потому и не дошло до наших дней ни единой подлинной строчки из этих работ. Все о Демократе знаем мы из критики противников да из более поздних воспоминаний. И хотя сам Платон ни разу в своих сочинениях не упоминает имени Демокрита, именно с ним спорит он на многих страницах своих сочинений.

О Платоне написано много превосходных книг. Его считают одним из «учителей человечества». Не будь Платона, «не будь его книг, мы не только хуже понимали бы, кем были древние греки и что они дали миру, но мы хуже понимали бы самих себя, хуже понимали бы, что такое философия, наука, искусство, поэзия, вдохновение, что такое человек, в чем трудность его исканий и свершений, в чем их завлекающая сила»<sup>1</sup>. Так характеризуют роль Платона современные историки.

Я не стану повторять его взгляды на логику и диалектику, психологию, этику и политику, на эстетику, религию и мифологию. Придет время, и те читатели, ко-

му доведется встретиться с творчеством этого выдающегося философа, получат истинное наслаждение от такой встречи. Нас интересуют взгляды Платона на строение вещества, и потому я предлагаю совершить очень коротенькую поездку в удивительный «геометрический мир», созданный этим философом в одном из его поздних и довольно трудных сочинений — в диалоге, который называется «Гимей».

В основе всего сущего у Платона тоже лежали частицы. Вы спросите: «Неужели атомы? А как же его намерение скрять все сочинения «смеющегося философа» Демокрита?» Не торопитесь удивляться...

Атомы Демокрита и «атомы» Платона в принципе не имели ничего общего друг с другом. Судите сами: у Демокрита это «весомые, телесные частицы» вроде песчинок или зерен, из которых состоят вещества... Совсем не то у Платона. Его атомы — прямоугольные треугольники — равнобедренные и такие, у которых катет равен половине гипотенузы... Почему именно они? И как построить мир из геометрических фигур?...

Платон был прекрасным математиком. Знания в этой области он ставил так высоко, что даже не принимал в свою школу тех, кто не был предварительно знаком с этой наукой.

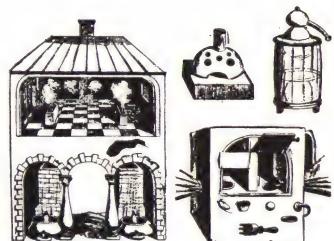
По традиции, основа мира, созданного богами, должна быть идеальной. Если же представить ее себе состоящей из мельчайших телец, то эти тельца должны иметь идеально правильную геометрическую форму.

В геометрии же насчитывается всего пять правильных многогранников: тетраэдр, имеющий четыре грани, октаэдр — с восемью гранями, икосаэдр, имеющий двадцать граней, хорошо знакомый всем куб с шестью гранями и додекаэдр с двенадцатью гранями. Каждая из граней этих тел может быть сложена из треугольников. Их-то и взял Платон за основу.

Посмотрите, как удобно представить правильные многогранники частицами, из которых состоят стихии, или элементы мира. Давайте вслед за Платоном считать тетраэдры частицами огня, октаэдры — частицами воздуха, икосаэдры — частицами воды, а кубы — частицами земли.

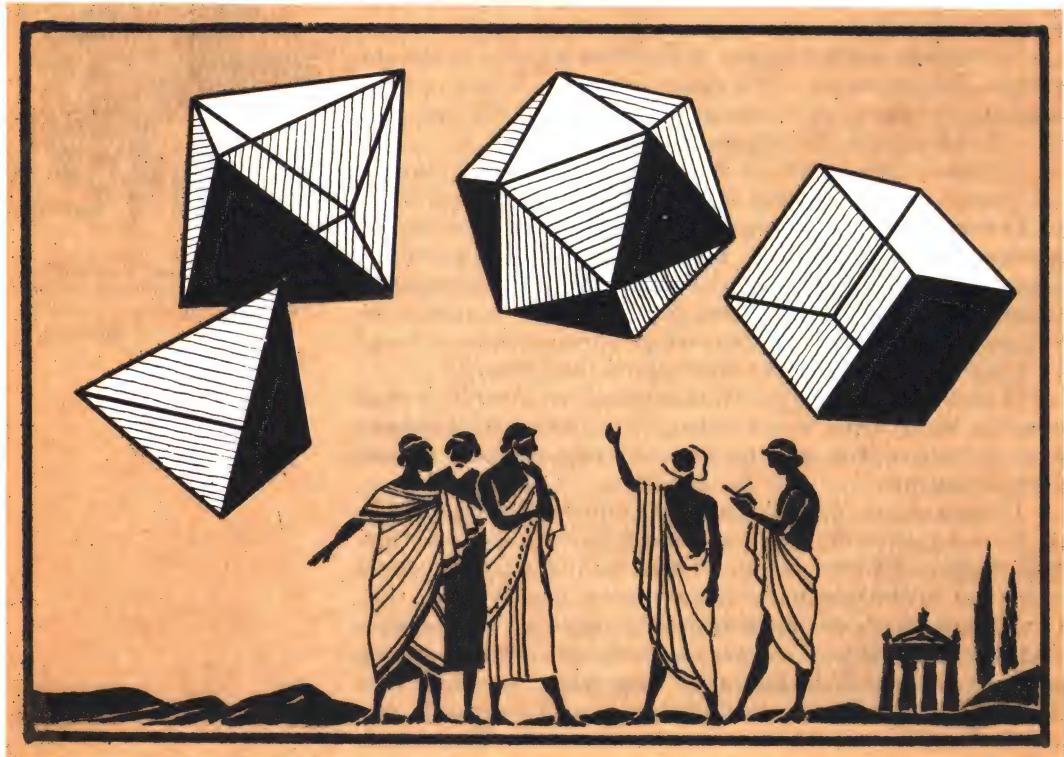
При этом частицы трех стихий, которые легко превращаются друг в друга — огонь, воздух и вода, — оказываются составленными из одинаковых треугольников. А земля, существенно отличающаяся от них, состоит из кубов — частиц совсем другого вида.

Платон очень наглядно объяснял ученикам все возможные превращения с помощью частиц-треугольников. Вот в мятущемся хаосе две частицы воздухообразного состояния материи или два октаэдра стихии воздуха встречаются с одной частицей огня — тетраэдром. И не просто встречаются, а сталкиваются. Ну-ка, посчитайте: сколько элементарных треугольничков участвует в таком столкновении? У двух октаэдров — по восемь,



Печи и аппараты алхимиков.

значит, в сумме — шестнадцать. И у одного тетраэдра — четыре. Всего в сумме получается двадцать штук. Но из двадцати граней легко составляется один икосаэдр, а это — частица воды. Значит, при столкновении двух частиц воздуха с одной частицей огня должна получаться одна частица воды!



Частицы  
многогранника Платона.

Здорово, правда? Не забывайте, что происходило это две с лишним тысячи лет назад и до формулы  $H_2O$  человечеству было еще очень далеко.

Так же, как воду, Платон получал и другие частицы, связав все свои геометрические построения очень строгими математическими соотношениями и пропорциями.

Вы можете возразить, что огонь, вода и воздух бывают разные. Огонь, например, ярче и жарче или, наоборот, слабее и не такой горячий. А вода может быть соленая и пресная. Как же все это разнообразие получается из одних и тех же треугольничков? Ну и что же, ведь треугольнички-то тоже могут быть больше или меньше... Нет, тут так просто к Платону не подкопаешься.

Тогда еще один вопрос: «В чем же отличие атомов Платона от демокритовских? Есть ли принципиальная разница в том, представляем мы себе атомы зернышками вроде колючек, с крючками и петельками для соеди-

нения друг с другом или плоскими геометрическими фигурами?»

Чтобы увидеть разницу, придется вспомнить математику. Что представляют собой геометрические фигуры, все вообще? Какие они, как их описать? Прежде всего, это фигуры идеальные! Почему идеальные? Очень просто. Потому что все они построены из линий. А что такое линия? Ведь это вовсе не та линия, которую мы с вами чертим неверной рукой на доске мелом или в тетради авторучкой. На доске и в тетради, даже проведенные по самым лучшим линейкам, линии наши никогда не будут абсолютно прямы. А уж толстыми они будут — можете не сомневаться. А что такое геометрическая линия? У нее вообще не должно быть ширины, и она обязана быть прямой, как луч света в пустоте. Выходит, что любая из начертанных нами фигур — это не что иное, как «материалный заместитель» идеального геометрического объекта, грубая чувственная копия идеального, безукоризненного образца...

Но где найти эти идеальные, безукоризненные... Их нет и быть не может на земле. Но, с другой стороны, ведь целая наука, да еще такая почтенная, как математика, только тем и занимается, что оперирует именно этими идеальными объектами.

Платон немало ломал себе голову над создавшимся противоречием. И в конце концов сделал такой вывод: идеальные геометрические объекты — это идеи, существующие только на небе. А все то, что нас окружает на земле, есть их грубое отражение...

Вот как ловко перевернул он все с ног на голову. Помогло ему в этом то, что, по общему мнению многих философов того времени, душа до рождения человека пребывала как раз в мире идей. И, оказавшись на грубоей земле, она постоянно с тоской вспоминала об особенностях покинутого идеального мира, в котором когда-то была. Из этих-то идей и состояли атомы Платона.

Теперь понятно, что автору таких идеальных представлений «весомые частицы» Демокрита должны были мешать необыкновенно. Потому и старался Платон заставить людей позабыть даже имя «смеющегося философа» — материалиста. Но такая попытка, конечно, была обречена на провал.



Чем дальше эксперимент от теории, тем он ближе к Нобелевской премии.

Акад. М. А. Марков

## ГЛАВА ВТОРАЯ

### КАК СТАТЬ ВЛАСТЕЛИНОМ МИРА!

Самые первые университеты в Западной Европе стали возникать еще в XII веке. Процесс это был длительный и тяжелый. Только к середине XV столетия новый тип школы более или менее завершил свою организацию. Иногда читашь в описаниях, что в средневековых университетах занимались в основном богословием... Вряд ли это правильно. Главными факультетами большинства университетов были юридический, медицинский и артистический, студенты которого изучали семь свободных искусств<sup>1</sup>. И только в редких случаях рядом с юридическим и медико-артистическим возникал богословский факультет.

Постепенно европейские университеты становятся центрами научной мысли. Развитие городов и ремесел, болезни, жизнь и смерть человека, торговля, путешествия, борьба папства с империей — все это порождало бесчисленное число вопросов, ответы на которые общество желало получить от ученых. И те искали их в трудах философов Древней Греции, в римском и каноническом праве, искали ощущую, развивая схоластическое богословие и анатомию, занимаясь составлением астрологиче-

<sup>1</sup> Семь свободных искусств (*septem artes liberales*). — У римлян так назывались знания и упражнения, достойные свободного человека, в отличие от низших занятий, являвшихся уделом рабов. В средневековых университетах к семи свободным искусствам относились: грамматика, диалектика, риторика, арифметика, геометрия, музыка, астрономия.

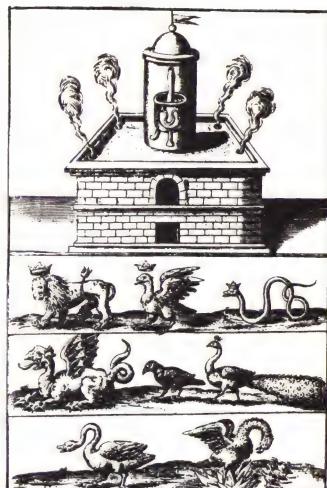


ских предсказаний (гороскопов) и поисками философского камня.

Алхимия не входила в число теоретических дисциплин, которые преподавались в университетах. Это было искусство практическое. Но часто профессор средневекового университета, отчитав лекцию перед студентами, возвращался домой и, скинув мантию, облачался в кожаный передник и отправлялся с наступлением сумерек в лабораторию. Как правило, эти лаборатории ютились в заброшенных домах, расположенных где-нибудь на отшибе, подальше от любопытных глаз. Весь день казались они мертвыми и покинутыми. Алхимия — черное искусство, без демонов не обойдешься. А какие же демоны могут появляться при ярком свете дня?

Но вот смеркалось. Жизнь в средневековом городе с наступлением темноты замирала. И тогда покинутый дом оживал. За плотно закрытыми ставнями слышался стук, шум мехов, из трубы начинал подниматься к небу дым. Это алхимик принимался за работу.

Плавилась красная медь в тигле. Задыхаясь от ядовитых испарений, хозяин мастерской подбрасывал в жаркое варево кусочки белого металла. Сплав терял красно-



Алхимическая печь и символы, которыми адепты обозначали свои таинственные составы.



Иногда алхимией занимались и богатые, знатные вельможи. Однако их результат ничем не отличался от результатов оборванных бедняков.

ту и становился более золотистым. «Слава всевышнему! — шептал обрадованный алхимик. — Главные свойства меди и олова смешались и превратились в свойство золота». Он даже не задумывался над тем, что изгото- вил всего-навсего бронзу, давно известную человечеству.



Заключительный этап жизни многих алхимиков — пытки и смерть от руки жадного феодала.

Он весь был в предвкушении следующего этапа превращения: «Может быть, попробовать растворить полученный сплав в ртуть, чтобы потом при сильном нагревании он снова возродился из нее, но уже обогащенным новыми чудесными свойствами «живого металла»?» И в слитке простой бронзы алхимику мерещилось вожделенное золото... Ведь сам Аристотель говорил, что для превращения простых металлов в благородные достаточно лишь изменить свойства первых. Какие же свойства у металлов имеются? Прежде всего цвет, потом тягучесть, ковкость... И алхимики смешивали, растворяли, кипятили, прокаливали, возгоняли, растирали и сплавляли все, что попадалось под руку.

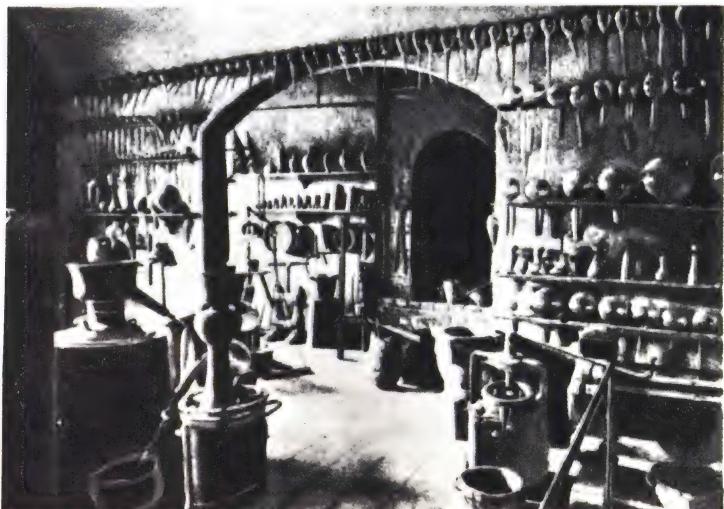
Но сколько ни бились алхимики, сколько зелий ни изводили, сколько ни произносили страшных заклинаний, наладить производство золота не удавалось. Лишь время от времени проносился слух, что кому-то из счастливцев удалось после долгих нагреваний, плавлений, кипячений и возгонок получить из ртути или свинца крошечный золотой остаток — королек.

Сейчас мы, конечно, понимаем, что могло это произойти только в том случае, если первоначальный металл был нечистым и содержал в себе золото. Но в те годы большинство алхимиков искренне верило слухам.

В средние века особенно усилилась вера в то, что для превращения одних металлов в другие нужно особое вещество — «философский камень». И вот все больше и больше алхимиков бились над проблемой добыть этот «магистерий», или «эликсир жизни», или «квантэссенцию», как называли они таинственный ускоритель в своих сочинениях.

Среди искателей философского камня было немало честных и бескорыстных приверженцев алхимии. Были даже крупные мыслители, оставившие заметный след в истории разных наук. Но алхимические опыты требова-

Лаборатория алхимика со всеми атрибутами, чтобы «калить, кальцинировать, цедить, дистиллировать, цементировать, дитринировать, мацерировать и подщечивать» составы в поисках золота.



ли немалых средств. А где их брать? И вот отправлялся честный, но вконец разорившийся алхимик ко двору знатного аристократа. Чем привлечь сеньора, вечно нуждающегося в деньгах? Почтенный адепт<sup>1</sup> предлагал показать свое искусство. В уединенном месте он разводил огонь, напускал дыму, бормотал заклинания, стараясь произвести впечатление, а еще лучше — напугать будущего покровителя. И когда весь этот спектакль достигал вершины, хитрец незаметно подбрасывал в тигель или реторту кусочек золота, припасенный заранее, который «обнаруживал» по окончании опыта...

Жадный аристократ был счастлив. Ему уже виделись горы золота, и он решал не скупиться на средства для новых опытов... Алхимик получал деньги, лабораторию и время... Очень немного времени. Он занимался исследованиями, но мысль о приближающейся расплате преследовала его дни и ночи. Бросить свое дело, как правило, мало кто мог. Алхимические опыты так же, как и любые современные химические эксперименты, настолько увлекательны, что тот, кто за них принимался, оставался в пленах этого искусства на всю жизнь. Но владетельные сеньоры были нетерпеливы, и потому мало кто из представителей «почтенного алхимического искусства» доживал до старости и умирал естественной смертью.

---

РАССКАЗЫВАЮТ, что величайшим алхимиком всех времен считался Альберт фон Больштедт (1193—1260) по прозванию Альберт Великий.

Он родился в Швабии — небольшом южногерманском герцогстве, которое непрерывно находилось в самом центре династических споров и борьбы бесчисленных немецких курфюрстов, графов и императоров.

Как и всякий отпрыск благородной фамилии, Альберт фон Больштедт предназначался для военной карьеры, и лишь слабое телосложение заставило его сменить мундир на сутану.

Убедившись в непригодности сына к «единственному делу, достойному аристократа», как называлось тогда военное ремесло, отец отправил его в Италию учиться. Эта страна слыла «Меккой» богословия и учености христианского мира. В отличие от невежественной Германии в Италии уже в XII веке существовала довольно густая сеть соборных и монастырских школ. А в 1167 году, почти одновременно с старейшим в Европе Парижским университетом, был основан университет в Болонье.

Много лет провел молодой человек в стенах разных учебных заведений. Тогда ведь не было единых школьных программ, рассчитанных, скажем, на восемь или девять лет. Каждая школа учила по-своему... Но в конце концов все когда-нибудь кончается. Окончился период учебы и у Альберта Больштедтского. Он вступил в монашеский орден доминиканцев и по распоряжению орденского начальства отправился в Германию учить местное духовенство всему тому, чему до того учили его: читать, писать и мыслить...

Альберт Больштедтский был очень образованным человеком для своего времени. Он свободно читал по-латыни и по-гречески, разбирал арабские и древнееврейские тексты. Он понимал толк в лекарствах, лечил, предсказывал судьбу. За свои обширные познания и всестороннюю образованность он получил от современников почетный титул Универсального Доктора и стал называться Альбертус Магнус, что означало — Альберт Великий. Слава его была столь велика, что Парижский университет пригласил его профессором на кафедру богословия. Но еще громче, чем признание ученого, гремела его черная слава колдуна и чародея.

При всех обширных познаниях в богословии и философии была у Альберта страсть — алхимия. Среди немецких мыслителей разных эпох можно заметить тягу к мистике, к чему-то выходящему за пределы разума, за строгие рамки догмы, которой они служили. Так было в средние века, так было и значительно позже.

---

<sup>1</sup> Адепт — посвященный в тайны какого-либо учения или ярый последователь его, приверженец идеи.

Об Альберте Великом сохранилась легенда, будто он один из немногих обладал тайной философского камня. Будто с помощью этого волшебного средства он не только добывал золото из простых металлов, но излечивал неизлечимых и возвращал молодость старцам. Из золы сожженного дерева он мог восстановить растение. А когда ему нужен был верный слуга, он смешивал одному ему известные зелья, кипятил их, произносил заклинания — и в стеклянной реторте, конечно не без участия дьявола, синтезировался «гомункулюс» — искусственный человечек...

Легенды и анекдоты всегда говорят о популярности человека. И все-таки, несмотря на славу, несмотря на внушаемый окружающим страх и почтение, именно Альберту Великому принадлежат горькие слова об участии алхимика: «Если ты имел несчастье войти в общество вельмож, они не перестанут терзать тебя вопросами: «Ну, мастер, как идет дело? Когда наконец мы получим порядочный результат?» И, в нетерпении дожидаясь конца опытов, они будут ругать тебя мошенником, негодяем и постараются причинить тебе всевозможные неприятности, и, если опыт у тебя не выйдет, они обратят на тебя всю силу своего бешенства. Если же, наоборот, ты будешь иметь успех, они задержат тебя в вечном плену, чтобы ты вечно работал в их пользу».

## ПОЭТИЧЕСКАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ АЛХИМИИ

Немногим позже Альберта Больштедтского жил в Англии в XIV веке веселый человек по имени Джейфри Чосер. Был он сыном виноторговца. Богатый отец пристроил его сначала пажем при дворе, а потом Джейфри стал оруженосцем короля Эдуарда Третьего. Король любил веселого парня. И когда во время похода во Францию тот попал в плен, добрый король выкупил своего оруженосца, отдав за него не менее любимого коня. Отныне обязанностью Джейфри было развлекать ее величество королеву в периоды скуки. В этой должности Чосер обнаружил незаурядный поэтический талант. Постепенно его рассказы были собраны в сборники и стали доступны не только скучающей королеве. В одной из своих книг «Кентерберийские рассказы» он описал службу каноника, занимающегося алхимией, и заставил того рассказать всю правду о бесплодности исканий и мошенничествах своего хозяина.

Я приведу небольшой отрывок из этого повествования.

Мы тигель калим день и ночь, реторту,  
А там, глядишь, наш сплав опять ни к черту.  
И вот опять до света кальцинируй,  
Подщечивай, цеди и дистиллируй.  
Сквозь глину, мел, а то и сквозь белок,  
Сквозь соль, буру, поташ, золу, песок,  
Сквозь реальгар, вощеную холстину  
И с волосами смешанную глину,  
Сквозь разный уголь, воск, сухой навоз;  
Подмешивай селитру, купорос,  
Сурьму и сурик, серу и мышьяк,  
Иль винный камень, бурый железняк,  
Иль сплавы всякие, коагулаты,  
Которые металлами богаты.  
Как будто дело и к концу подходит,  
Смесь зашипит, забулькает, забродит —  
Тогда мешай, болтай и цементирий  
И серебром составы цитринирий.  
А выплавишь, испробуешь — и вот  
В итоге новый припиши расход.

Еще скажу, что существуют в мире  
Семь твердых тел, летучих же четыре.  
Хозяин мой так часто их твердила,  
Что наконец и я их заучил.  
Летучие — мышьяк, ртуть, также сера  
И нашатырь. Иная твердых мера  
И знак иной: у золота — солнца знак,  
У серебра — луны ущербный знак;  
Железо — Марс, Меркурий — это ртуть  
(Он и в металле хочет обмануть),  
Сатурн — свинец, а олово — Юпитер,  
И медь — Венера. Сотни колб я вытер,  
Хоть бы зернышко одно на дне,  
Хоть отблеск солнечный увидеть мне.

И кто ввязался в наше ремесло,  
Тому конец. С собою унесло  
Оно богатств и жизней очень много.  
В нем к разорению верная дорога.  
И кто безумство хочет проявить,  
Пускай начнет он золото варить.

Ну, дьявол с ним! Еще хочу сказать,  
Что философский камень добывать  
Стремимся все, а этот эликсир  
Помог бы нам перевернуть весь мир.  
Но дело в том, что сколько мы ни бьемся  
(Иной раз кажется, что надорвемся),  
А эликсира в колбах нет следа...

По запаху, по нищенской одежде  
Узнаете алхимику вы прежде,  
Чем слово молвят. Если же их спросят,  
Зачем они такие тряпки носят,  
Они тотчас вам на ухо зашептут,  
Что так секрет они скрывают крепче  
И что, мол, если б их подстерегли,  
Они бы и жизни не уберегли.  
Так и дурачат разных простаков.

Эх, вспомнить тошно, что и сам таков! <sup>1</sup>

В этом небольшом отрывке — целая энциклопедия алхимии. Здесь перечисляются многие известные в те времена вещества и процессы. Например: кальцинирование — прокаливание на медленном огне с поддуванием воздуха, цементирование — сгущение с прибавлением вяжущего вещества, цитринирование — пожелтение сплава, которое показывало, что процесс превращения подходит к концу.



Рука философов —  
туманный символ,  
прикрывавший нищету  
алхимии как науки.  
Большой палец с короной  
и луной — символ селитры.  
Указательный палец —  
символ железного купороса.  
Средний палец —  
символ нашатыря.  
Безымянный с фонарем —  
символ квасцов.  
Мизинец с ключом —  
символ простой кухонной  
соли.  
Рыба в огне —  
ртуть в сере —  
первосточник всех видов  
веществ.

Мало-помалу алхимики отчаялись найти философский камень и обратились к другим теориям, которые помогли бы им составить рецепт получения золота. Одновременно с уменьшением интереса к философскому камню падал и авторитет аристотелевских стихий. Они

**ЯТРОХИМИЯ —  
ИСКУССТВО  
ПРИГОТОВЛЕНИЯ  
ЛЕКАРСТВ**

<sup>1</sup> Перевод И. Кашкина.



Теофраст Бомбаст фон Гогенхейм — самый удивительный врач и алхимик XVI века. Сам себя он называл Паракельсом, а врачи и завистники считали его невеждой, задирой и дуэлянтом.

никак не помогали объяснить, например, происхождение и изменение цвета металлов, их блеск, ковкость. А ведь именно металлы были тем центром, на котором сосредотачивалось основное внимание алхимии.

Из многочисленных опытов было известно, что большинство металлов отлично растворяется в ртути, а стоило мастеру прибавить к расплаву чуть побольше серы, как она тут же жадно соединялась с металлом, меняя его цвет.

Ртуть-меркурий — мать всех металлов, говорили алхимики, а сера-сульфур — их отец. Но почему же не удается превратить ртуть в золото? Может, причина всех неудач лежит в природных свойствах ртути, неустойчивой к огню и потому неспособной к затвердеванию? Что бы еще добавить к ней? И алхимики вводят третью составную часть основ металлов — соль! Утвердилась новая теория, согласно которой металлы были объявлены окончательно сложными веществами, состоящими из ртути — символа металличности, серы — символа горючести и соли — символа растворимости. Введение нового компонента должно было решить проблему превращения металлов в золото.

Но в XVI веке солнце алхимии уже клонилось к закату. Можно, конечно, говорить об опыте, который приобрело человечество в алхимических экспериментах. Но право же, результаты, на достижение которых ушли столетия, были слишком ничтожны...

В XVI веке на небосклоне западной науки между алхимией и медициной возникает новая фигура: Паракельс — удивительный врач и алхимик, хирург, задира и дуэлянт, одинаково хорошо владеющий как ланцетом, так и шпагой. Настоящее его имя было Теофраст Бомбаст фон Гогенхейм (1493—1541).

«Настоящая цель химии заключается не в изготовлении золота, а в приготовлении лекарств!» — эти слова определили жизненное кредо Паракельса. Он стал основателем новой науки — нет, пожалуй, тоже еще не науки, а пока только искусства ятрохимии — приготовления лекарств и применения химических веществ в медицине.

Во II веке нашей эры греческий врач Клавдий Гален учил, что человек состоит из тех же четырех стихий Аристотеля, как и все остальные тела на земле. При этом в здоровом организме все должно было находиться в равновесии. Но стоило этому равновесию нарушиться, как человек тут же заболевал.

Из таких представлений сам собой напрашивался и метод лечения: прежде всего узнать, за счет чего равновесие оказалось нарушенным, а потом, добавляя недостающее или изгоняя излишне накопившееся, вернуть человека в прежнее состояние. Метод простой, убедительный и очень похожий на общий принцип алхимической практики.

С тех пор прошло много лет, но врачи строго следовали указаниям Галена.

Вторым непререкаемым авторитетом в медицине был Авиценна — Абу Али Хусейн Ибн-Абдаллах Ибн-Хасан Ибн-Али Ибн-Сина, великий таджикский философ и поэт, придворный врач и даже визирь эмира Хамадана...

РАССКАЗЫВАЮТ, что, когда Парацельса, вылечившего одного богача, пригласили занять кафедру медицины в Базельском университете, он на первой же лекции перед глазами изумленных студентов сжег сочинения Галена и Авиценны и заявил, что даже завязки его башмаков знают больше, чем эти древние мокротники...

О жизни Парацельса осталось в истории больше легенд, чем правды. Одни утверждали, что он много учился медицине и алхимии у своего отца, а затем у знаменитых чернокнижников. Другие настаивали, что Парацельс неуч.

Скорее всего у него действительно не было систематического образования. Он весьма дурно знал латынь — язык науки и официального знания той эпохи. А рассказывая о своих путешествиях по Европе вплоть до Финляндии и Лапландии, о поездке в Россию и о пленении его татарами, о Турции и Африке, кое-что Теофраст Бомбаст наверняка преувеличивал. Он рассказывал, например, что снискал себе славу ланцетом в Лондоне и получил секрет философского камня в Константинополе, и что в Стокгольме старые ведьмы поведали ему тайны приготовления питья для излечения ран, и что в чаше эфеса его шпаги, подаренной немецким палачом, живет дух Азот, который посыпает ему вдохновение.

Среди знакомых Парацельса было больше цирюльников и собачьих стригунов, чем врачей; цыган и палачей больше, чем аптекарей. Но он действительно так виртуозно владел хирургическим ланцетом и столь искусно составлял лекарства, что слава его, несмотря на ярость и сопротивление всей корпорации врачей и аптекарей, росла чрезвычайно быстро. Он пил<sup>1</sup> вино и скандалил в харчевнях, дрался на дуэлях и лгал не задумываясь, рассказывая о своих похождениях. Но он лечил и облегчал страдания. Он вылечивал тех, кого надутые спесью врачи приговаривали к смерти. С ланцетом в дорожной сумке, со шпагой на боку, в драном камзоле странствовал он по свету, чаще без гроша в кармане.

Парацельс много занимался химическими опытами. Он составлял лекарства, экспериментировал и диктовал результаты секретарю, который записывал их и переводил на латынь. Многие из его мыслей были перевраны при переводе, а потом еще раз испорчены врагами.

Человек, считал Парацельс, образован духом, душой и телом. Нарушение взаимного равновесия главных элементов ведет к болезни.

Если в организме избыток серы, то человек заболевает лихорадкой или чумой. При избытке ртути наступает паралич. А слишком большое обилие солей вызывает расстройство желудка и водянку. Задача врача — выяснить отношение между основными элементами в теле больного и восстановить их равновесие.

Парацельса обвиняли в том, что «он превратил живые тела в химические лаборатории, где различные органы, подобно перегонным кубам, печам, ретортам, реактивам, растворяют, мацерируют<sup>1</sup>, возгоняют питатель-

<sup>1</sup> Мацерация — размачивание.



Мудрость есть дочь опыта.

Леонардо да Винчи

ные вещества. Он придумал некоторого рода научную мифологию». Так писал французский историк науки Л. Фигье в середине прошлого века. Сегодня мы бы сказали, что Парацельс моделировал интересующие его процессы. Его химическая модель жизнедеятельности



Внутренний вид старинной аптеки в Нюрнберге.

организма была грубой, но материалистической и прогрессивной для своей эпохи.

К сожалению, спокойный университетский период жизни этого удивительного человека продолжался недолго. Вскоре ему пришлось бежать из Базеля, и он снова начал жизнь странника. В конце концов, гонимый отовсюду, он умер в бедности. По одним данным — своей смертью, по другим — отравленный врагами.

## НАЧАЛО ТЕХНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

Конечно, ятрохимики XV и XVI веков были еще очень близки по своим взглядам к алхимикам и Галену. Но в XVI—XVII веках начинает оформляться новая химия — техническая. К этому времени в разных странах уже настолько усложнилось производство различных изделий, требующих химической технологии, что устных секретов и правил стало не хватать. Понадобились описания — предки технологических карт нашей

механизированной эпохи. Распространению таких описаний способствовало изобретение книгопечатания.

В темных залах библиотек, там, где хранятся наиболее редкие книги, мне не раз удавалось, после долгих поисков, выудить какой-нибудь старинный фолиант в



потрескавшемся кожаном переплете с медными застежками и с длинным-предлинным названием. Удивительные гравюры, прыгающий от ручного набора текст и дата выпуска книги, набранная латинскими цифрами, воссоздавали неповторимый аромат времени...

Вот, например, сочинение алхимика, а потом директора Монетного двора, изгнанного из Сьены за мошенничества, Ваннуччо Бирингуччо (1480—1539). Его десять книг, объединяющие в себе все области техники, связанные с использованием огня, и названные потому «Пиротехнией», были впервые напечатаны в Венеции в 1540 году. Это настоящая энциклопедия «огненной химии». Причем энциклопедия, написанная ясным и доступным в отличие от алхимических трактатов языком.

Вот двенадцать книг знаменитого врача, физиолога, минералога и металлурга Георгия Агриколы (1494—1555) «О горном деле и металлургии».

Вот книга легендарного ученого и чернокнижника Джованни Баттисты Делла Порта (1537—1615) «Натуральная магия». Она содержит не только практические сведения по химии своего времени, но и массу других

*Алхимик у домашнего очага  
(по гравюре Питера Брейгеля,  
XVI век).*



Нелегким был труд металургов. Но нарождающиеся технология и фармацевтика требовали ясности и освобождения науки от туманных заклинаний алхимиков.

технологических рецептов и советов, включая способы подделки драгоценных камней...

Я рассматривал трактаты о гончарном искусстве и об искусстве крашения тканей, об искусстве стеклоделания и об изготовлении керамики. Все это были еще искусства. Но оставалось совсем немного времени, чтобы большинство из них по требованию развивающихся промыслов превратились в отрасли науки.

Техническая химия и фармацевтика требовали ясности, требовали, чтобы по единому рецепту каждый раз получалось одно и то же вещество. И чтобы никаких чудес...

Конечно, алхимия и ятрохимия способствовали накоплению важных практических сведений, без которых, может быть, и невозможно было рождение науки — химии. Но они же возвели на ее пути и немало преград. Алхимия исходила просто из неправильных идей, а ятрохимия очень уж сужала поле исследований...

Главной проблемой нарождающейся технологии технической химии стал вопрос о составе тел.

В алхимии все делалось на глаз. Искусство — ничего не попишешь. В химии-науке все должно было взвешиваться.

Первые закономерности в мире химических превращений позволили заметить весы. Вводить их начали еще арабы.

Но у алхимиков редко один и тот же опыт получался хотя бы дважды с одинаковыми результатами. Каждый итог своей работы они считали чудом, и заклинания в их деятельности играли роль ничуть не меньшую, чем химические вещества и загадочные рецепты.

Но как только в практику работы было введено понятие о точном количестве вещества, сразу же мистический туман стал таять.

Какие демоны выдержат конкуренцию с точным взвешиванием и расчетами?

Иногда говорят: период алхимии был временем сплошных ошибок, эпохой блуждания в потемках и выходов на ложные тропы. Трудно спорить с таким категорическим утверждением, памятуя, что даже основная руководящая идея превращаемости металлов друг в друга была в корне неправильной. Но есть в древней мифологии легенда, включенная в библейский свод, о Сауле — первом царе израильском.

В ней рассказывается, как простой скотовод Саул отправился искать пропавших ослиц из стада своего отца, как встретил он много людей и как, понравившись народу, был избран царем... Так, говорят, пошедши искать ослиц, нашел Саул царство.

Не кажется ли вам, что эта библейская легенда подходит и для оценки роли алхимии? Ведь алхимики тоже искали: кто золото, кто философский камень, а находили знания, новые вещества и законы химических соединений...



Студенты средневекового университета.

## «ХИМИК-СКЕПТИК»

В 1660 году французский химик Никола Лефевр (1616—1669) издает свой «Трактат о химии», в котором пишет, что все тела составлены из флегмы или воды, духа или ртути, серы или масла, соли или земли. Именно эти элементы Лефевр предлагал считать простыми телами. А почему именно эти? Каждый уважающий себя химик мог иметь и имел свое мнение. Вопрос о том, из каких составляющих можно получить сложные тела, в XVI веке стал поистине злободневным. И вот в 1661 году в Лондоне вышла книга неизвестного автора под названием «Химик-скептик». В ней описана беседа четырех ученых. Один из них отстаивал точку зрения школы Аристотеля, утверждавшей в основе мира четыре элемента. Другой был сторонником взглядов алхимиков и ят-рохимиков, считавших ртуть, серу и соль составными частями всех «смешанных тел». Третий опровергал их обоих и выражал особое мнение. А четвертый следил за тем, чтобы диспут шел правильно.

«Нет никаких оснований присваивать данному телу название того или иного элемента лишь потому, что оно похоже на него одним каким-либо легко заметным свойством», — утверждал третий участник диспута. И в заключение давал свое определение элементам, называя ими «некие первоначальные и простые тела, которые, не будучи образованы из других тел или друг из друга, являются теми составными частями, из которых непосредственно состоят все так называемые вполне смешанные тела и на которые они в конечном итоге разлагаются».

Такими «простыми телами» были известные металлы: золото, серебро, ртуть. А также вода и другие вещества, общее количество которых точно он не указывал.

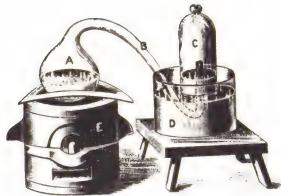
Неизвестный автор книги безусловно сочувствовал этим взглядам. Позаимствовав у древних философов идею о единой универсальной первоматерии, он считал, что все в мире состоит из ее мельчайших частиц — корпускул. Форма, величина и движение (или покой) — вот три основных свойства этих частиц. «Первичные корпускулы суть «элементы», то есть «непосредственные начала» различных видов тел; при их объединении возникают химические соединения и смеси. Объединение происходит благодаря особого рода сродству или притяжению», — писал он.

Инкогнито автора скоро было раскрыто читателями. Все узнали Роберта Бойля, известного естествоиспытателя, члена Лондонского королевского общества.

Новый взгляд на природу материи, изложенный в «Химике-скептике», сделал эту книгу чрезвычайно популярной. Хотя представление об универсальной первоматерии и приводило автора к утверждению, что «один вид металла может быть превращен в другой», весь текст книги был направлен как против аристотелевской



Профессор на кафедре.



Газовая ванна XVII века.

схоластики, так и против алхимиков, неспособных использовать результаты своих опытов для правильных выводов о составных частях сложных тел.

Каждый свой вывод Бойль подтверждал описанием результатов опыта. «Подействуйте на золото царской водкой, — предлагал он, — металл исчезнет. Но его снова можно получить из раствора. И притом в первоначальном количестве». Это означало, что «корпускулы», из которых образовано золото, при любых превращениях остаются неизменными.

Химические реакции Бойль осуществлял не «на глаз», а в точных весовых пропорциях.

Много лет спустя замечательный физик уже нашего времени Макс Борн так расценивал введение в химию точных весовых соотношений: «Идея атома почти неизбежно вытекает из всякой попытки объяснить простые количественные закономерности, которые сразу бросаются в глаза при изучении весового баланса в химических реакциях. Прежде всего установлено, что общий вес участвующих в реакциях веществ остается неизменным. Затем оказывается, что вещества соединяются лишь в одних и тех же простых весовых соотношениях, так что некоторое количество одного реагента может прореагировать только с определенным количеством другого; при этом весовое отношение прореагировавших веществ не зависит от внешних условий — например, от того, в какой пропорции они были смешаны первоначально. На языке химиков эти правила выражаются законом постоянных и кратных отношений. Например, 1 г водорода, соединяясь с 8 г кислорода, дает 9 г воды; 1 г водорода, соединяясь с 35, 5 г хлора, дает 36, 5 г хлористого водорода».

Эти слова были сказаны Максом Борном в 1933 году, когда он читал курс лекций в Технической школе Берлин-Шарлоттенбурга. В 1933 году он мог так сказать, опираясь на основные количественные законы химии, открытые после Бойля Ломоносовым и Лавуазье, Дальтоном, Гей-Люссаком и Авогадро.

Но все это было еще впереди. Современниками же Бойля были химики, придерживающиеся самых разных взглядов. То было время, когда в химии не существовало единственно обще принятой точки зрения на строение материи, на причины и механизм процессов превращения. На равных правах существовали и боролись за признание множество школ и школок, которые придерживались разных точек зрения. Одни отдавали предпочтение взглядам Демокрита, другие — Аристотеля или Платона. Немало было сторонников теорий средневековых алхимиков. Наконец, входила в силу новая идея о существовании в телах некоего горючего основания — флогистона. Идея, впервые позволившая объяснить многие химические процессы с единых позиций и... задержавшая развитие химии после Бойля по крайней мере на столетие.



Песчаная и водяная бани для перегонных аппаратов XVII века.

27 января 1627 года в замке Лисмор, принадлежащем ирландскому графу сэру Ричарду Бойлю, ожидалось прибавление семейства. Новость эта была приятной, но не очень значительной, поскольку у владельца вельможи детишек было уже довольно много. Сэр Ричард был чадолюбив. И потому, когда дворецкий доложил, что миледи разрешилась седьмым мальчиком, сэр Ричард велел лишь достать старого вина из подвала и выпалить тринадцать раз из пушки, в честь тринацатого по счету отпрыска своей благородной фамилии.

Седьмого графского сына нарекли Робертом. Он получил, как и полагалось, сначала домашнее воспитание, а потом переехал в Итон, маленький городок на правом берегу Темзы, расположенный прямо против Виндзора. В 1446 году король Генрих VI основал здесь школу, в которой воспитывались дети аристократов.

Роберт Бойль был очень слабого здоровья, и, когда ему пошел всего двенадцатый год, отец отправил его с гувернером в Женеву. Там он учился несколько лет, потом путешествовал и вернулся в Ирландию образованным человеком. Унаследовав после отца значительное состояние, Роберт Бойль сначала жил в своем поместье, где занимался философией, а потом переехал в Оксфорд, где увлекся «опытными науками».

В те годы многие отдавали свой досуг научным исследованиям. Представители самых аристократических фамилий шлифовали стекла для таких новинок, какими были в ту пору телескопы, строили воздушные насосы, не уставали удивляться опытам с магнитом и кипятили вонючие составы, наивно считая себя последователями алхимиков. Конечно, занятия эти в большинстве своем были просто данью моде. Покинув монастырские стены, наука стала светской. Для знати была она новинкой, увлечением, но и среди аристократических бездельников находились люди, способные по настояющему увлечься поисками истины.

В Оксфорде у Бойля появились новые знакомые и связи с людьми, интересующимися наукой. Они решили создать «невидимую коллегию» — нечто вроде тайного общества любителей науки. Скоро такое же общество организовалось и в Лондоне, куда переехал Бойль.

Со смертью королевы Елизаветы в стране было неспокойно, и собираясь открыто означало привлекать к себе внимание шпионов. Любителей науки могли заподозрить в заговоре.

Очень интересно описывает один французский путешественник свое посещение заседания Лондонского королевского общества в 1663 году, через два года после его официального образования. «Собираются по средам, чтобы производить бесчисленное множество опытов. Их не обсуждают (во избежание диспутов). Новое общество избрало девизом *«Nullius in verba»* (ничего со слов), и каждый сообщает только то, что знает, а секретарь записывает. Президент помещается за небольшим квадратным столом, а секретарь по другой стороне. Академики на лавках вокруг залы. У президента в руках небольшой деревянный молоток: он ударяет им по столу, когда кто-нибудь начинает разговаривать во время сообщения».

В то время диспуты составляли главное содержание жизни любой науки. Диспуты устраивали в коллежах, в университетах. Спорили профессора, студенты. Договорившись о предмете, месте и времени, спорили просто представители разных точек зрения. Спорили устно и письменно. И далеко не всегда миролюбиво...

Частенько в абстрактных словесных дуэлях переходили на личности. А отсюда недалеко и до рукопашной. Когда не хватало доводов, почтенные мэтры осыпали друг друга оскорблениеми,



срывали парики и дрались самым натуральным образом. То было время простых нравов.

Можно предполагать, что не менее буйные страсти обуревали и членов Лондонского общества. Программа сообщений, зачитанных на его собраниях в начальный период организации, весьма курьезна.

Например, один из членов Общества совершенно серьезно заявлял, что если положить на жабу, ехидну или другое ядовитое животное виннокаменной кислоты, то животные эти умирают. Другой добавлял, что то же производит ртуть. Уверял также, что животные эти не могут жить в Ирландии, не перенося ее земли. Пробовали будто бы привозить землю для этих животных из Англии; как только они по английской земле приползали к ирландской, на которой английская была разложена, не могли перейти границу и возвращались назад. После многих попыток умирали. После этого шли опыты с лягушками, которых обмазывали дегтем, поливали ртутью. И одновременно они же ставили настолько остроумные научные опыты, что даже приблизительные результаты, которые получались, давали им возможность открывать законы природы.

Бойль не любил диспутов. Избегал личных столкновений, уклонялся даже от чисто научной полемики. Он предпочитал, чтобы за него говорил эксперимент...

В середине XVII века много споров вызывали результаты опытов Эванджелисты Торричелли (1608—1647), доказывавшие, что ртутный столб в барометрической трубке поддерживается давлением воздуха.

«Как может столб легкое и подвижное вещество, как воздух, поддерживать тяжелую и плотную ртуть?» — вопрошали сомневающиеся. Особенно усердствовал некий Франциск Лин, престарелый профессор математики из города Люттиха. Он упрямо твердил, что ртуть держится в трубке невидимыми нитями. И предлагал каждому заткнуть верхнее отверстие трубки с ртутью пальцем, поднять трубку и убедиться, как присосется и потягнется кожа пальца внутрь трубки.

Чувствуете новые веяния? Лин не просто ссылается на авторитет Аристотеля, провозгласившего некогда, что «природа боится пустоты», как это еще совсем недавно делали схоласти. Он оспаривает выводы Торричелли тоже на основании опыта...

Эта дискуссия побудила Бойля заняться экспериментальной проверкой. Он велел приготовить трубку-сифон с запаянным коротким концом и налил в нее ртуть. Естественно, что воздух, запертый в запаянном колене, сжался, сдерживая своей упругостью столб ртути определенной высоты и веса. Ученик Бойля Ричард Тоунлей записывал, как меняется объем воздуха с увеличением веса ртути, и заметил, что в запаянном колене это изменение, вроде бы, было обратно пропорционально весу ртути.

... Интересный результат. Бойль еще и еще раз повторил опыт, пока не исчезли последние сомнения. Похоже, что они открыли новый физический закон, связывающий изменение объема воздуха при постоянной температуре с изменением его упругости под действием воздушного давления...

Можно только удивляться и преклоняться перед искусством и прозорливостью первых экспериментаторов. Точность и надежность их приборов были столь недостаточны, что позволяли получать лишь весьма приблизительные результаты. Какова же должна быть сила мысли, чтобы получить из этого сырья золото истины!



Рисунок из книги знаменитого алхимика Василия Валентина. Рука показывает на чашу, окруженнную символами семи металлов.

Результаты опыта Бойля не получались у многих других экспериментаторов, пытавшихся их проверить. И лишь несколько лет спустя, после того, как во Франции те же результаты получил Мариотт, утверждение Бойля стало признанным законом природы...

С тех пор прошло больше трехсот лет, но и по сей день учат школьники закон Бойля — Мариотта в самом начале своего знакомства с физикой.

Бойль очень большое влияние оказал на развитие химии. Он первым попытался отрешиться от существующих алхимических традиций. «Химики руководствуются узкими рамками без всякого возвышенного стремления, — писал он. — Приготовление лекарств, извлечение и превращение металлов, — вот их область. Что же касается меня, я стремлюсь исходить из другой вовсе точки зрения: я рассматриваю химию не как медик или алхимик, но как философ должен ее рассматривать. Я начертал себе план химической философии и был бы счастлив, если бы мог исполнить его с помощью моих опытов и наблюдений. Если бы люди более принимали к сердцу успехи истинной науки, чем заботы о своей репутации, они легко уразумели бы, что величайшая заслуга, какую могут они оказать миру — направить свои старания на производство опытов, сориентировать наблюдений, не стараясь создавать теорию прежде, чем получено решение и ответ на все возникающие явления».

Конечно, будучи непосредственным наследником алхимиков, Бойль не мог полностью порвать с устоявшимися традициями. Под их влиянием он изучал горение, обжиг металлов и процессы дыхания. Однако и здесь выводы, которые он делал, не имели уже ничего общего с туманными намеками предшественников.

---

РАССКАЗЫВАЮТ, что однажды Бойль велел Роберту Гуку, служившему куратором опытов в Грешем-колледже, где проходили заседания Королевского общества, насыпать в реторту точную весовую меру металлических опилок и запаять горло сосуда. Он сам проследил за тем, чтобы реторту Гук поставил на самое жаркое пламя. И через некоторое время, когда металл покрался и покрылся окалиной, попросил снять сосуд с огня. Гук отбил горло реторты. Наружный воздух с шумом устремился внутрь. Хорошо, значит, запаяно было на совесть. Теперь надо было тщательно взвесить вещество снова. Результат опыта заставил ученых задуматься: вес опилок после прогревания стал больше. Почему, что могло к ним прибавиться в запаянной реторте? Может быть, сквозь стекло проникли крошечные частицы «материи огня»? Это следовало проверить. Тем более, что проблемы горения, в связи с развитием металлургии, становились все более актуальными.

Что поддерживало горение? Как правильно представить себе механизм этого процесса, откававшись от аристотелевских взглядов на огонь как на «универсальный анализатор»?

В изучении природы Бойль — всегда сторонник опыта и опытного знания. Помните: «ничего со слов».

И вот в одну из сред когда наступило время публичных демонстраций, Гук, снова по просьбе Бойля, поставил на стол горящую свечу и прикрыл ее стеклянным колпаком. Прошло немного времени, и свеча потухла. Ну и что? Это обстоятельство ничуть не удивило ученых джентльменов. Кто не знает, что в духоте, без притока свежего воздуха свечи горят плохо?

Но на этом опыт не закончился. Гук снова зажег свечу и, пристроив рядом какой-то камешек, снова прикрыл ее колпаком. На этот раз свеча не погасла. Она горела и горела, нарушая законы здравого смысла. Джентльмены стали заключать пари, сколько времени продержится пламя. Широкополые шляпы заслонили прибор. (Благородным лордам не пристало обнажать головы в галерее.) Участники измеряли время по ударам пульса. Качали буклями париков, обмахивая разгоряченные лица. Свеча все горела! ..



Р. Бойль — человек, который первым сделал из химии науку.

— Мистер Гук, что за чудо?

Гук, который в глубине души считал себя куда умнее всех собравшихся здесь богатых бездельников, был страшно доволен.

— Всего-навсего селитра, господа, только селитра!

Ну как же они могли забыть о ней! Ведь о селитре есть упоминания еще у Гебера. Еще в древние времена называли ее «поддерживающей огонь». В XVII веке ее использовали для приготовления пороха. Все это было хорошо известно джентльменам.

Но вот почему она поддерживала горение? Может быть, она состояла из таких же частиц, какие составляют воздух и без которых немыслимо вообще ни горение, ни дыхание? .. На это ответить Бойлю не удалось.

Роберт Бойль прожил тихую и очень одинокую жизнь. После Оксфорда он скромно поселился в доме своей сестры. Никогда не был женат, не участвовал ни в каких политических интригах своего бурного времени и всячески отказывался от почестей, которые пытались ему воздать современники.

Две страсти владели им всю его жизнь: первая — неугасаемый интерес к тайнам природы, любовь к науке и работа в Лондонском королевском обществе; и вторая — изучение вопросов религии. Впрочем, в XVII веке обе эти страсти вполне могли иметь единую основу.

В январе 1692 года Бойль умер, не дожив всего нескольких дней до своего шестидесятилетия. Он был похоронен в церкви святого Мартина, которую снесли примерно столетие спустя. И сегодня никто из англичан не знает, где находится место упокоения великого ученого. Его могила затерялась в столице страны, гордостью которой являются традиции. Странно, не правда ли?

**ДАЙТЕ МНЕ  
МАТЕРИЮ  
И ДВИЖЕНИЕ,  
И Я ПОСТРОЮ  
МИР!**

Рене Декарт жил в первой половине XVII века (1596—1650). Декарт был философом, блестящим математиком и ученым-естественноиспытателем.

Свой философский метод Декарт построил на сомнении. Он решил сомневаться во всем, в чем только можно. Он скептически относился к чувствам, утверждал, что они могут обманывать. «Однако остается что-то, в чем я не могу сомневаться: ни один демон, как бы он ни был коварен, не смог бы обмануть меня, если бы я не существовал. У меня может не быть тела; оно может быть иллюзией. Но с мыслью дело обстоит иначе. В то время как я готов мыслить, что все ложно, необходимо, чтобы я, который это мыслит, был чем-нибудь; заметив, что истина «я мыслю, следовательно, я существую» столь же прочна и столь достоверна, что самые причудливые предположения скептиков неспособны ее поколебать, я рассудил, что могу без опасения принять ее за первый искомый мною принцип философии».

В этих словах заключена сущность теории познания Декарта.

В математике он создал аналитическую геометрию, применив алгебру к геометрии, и ввел употребление координат. Этим его вклад в математику не ограничивается, но, пожалуй, именно аналитическая геометрия и координаты явились наиболее важными его достижениями в этой отрасли. Декарт стремился все реальные вещи свести к самым простым и общим понятиям. И потому основным свойством материи он считал протяженность, ведь протяженность — общее свойство всех вещей. Отсюда возникло и его представление о мире как об однородном пространстве или протяженной материи: «Тело, совершенно плотное и одинаково заполняющее всю длину, ширину и глубину того огромного пространства, впереди которого мы остановим наше мышление». Все изменения, которые только возможны в этом пространстве, Декарт сводил к простому механическому движению. Вот здесь-то и возник тот лозунг, который я вынес в заголовок этого раздела: «Дайте мне материю и движение, и я построю мир». Лозунг, который был начертан на знаменах всей картезианской физики. По обычаям своего времени, философ часто подписывался переделанным на латинский лад именем — Картезий.

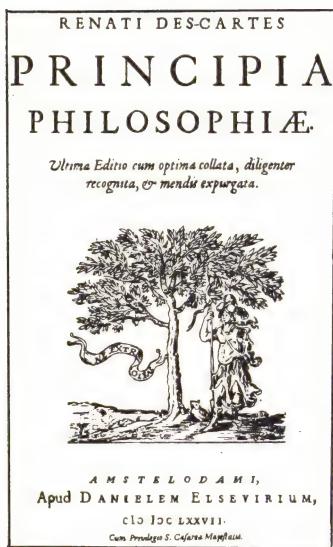
Декарт создал наглядную картину возникновения мира из хаоса. Конечно, природа в первоначальном виде, по его рассуждениям, была создана богом. Бог привел этот хаос в движение. Но бог един и неизменен, а природа все время меняется. И тут Декарт осторожно высказал очень смелую мысль: «Из одного того, что бог продолжает сохранять материю в одном и том же виде, следует с необходимостью то, что должны существовать известные изменения в ее частях. Изменения эти, как мне кажется, нельзя приписать непосредственно действию бога, ибо это последнее неизменно. Поэтому я приписываю их природе. Правила, по которым совершаются эти изменения, я и называю законами природы».

Главным тезисом космогонии Декарта была гипотеза о дроблении материи на части, разные по форме и по величине. В конечном счете он ввел понятие о трех сортах элементов, из которых состоял мир. Первый сорт составляли мельчайшие частицы разнообразной формы, которые заполняли промежутки между другими, более крупными, частицами и телами. Эти частицы, по мнению Декарта, принадлежали стихии огня. Второй сорт элементов состоял из круглых отшлифованных частиц — стихии воздуха. А третья группа наиболее крупных и малоподвижных частиц составляла элемент, или стихию, земли.

Подвижность частиц определяет такие свойства, как твердость тел. Чем мельче частицы, тем более жидким является тело. «Если частица материи обладает некоторой величиной, то она никогда не сделается меньшей, пока ее не разделят другие частицы; если эта частица кругла или четырехугольна, она не изменит этой фигуры, не будучи вынуждена к этому другими; если она



Р. Декарт — Картезий, как он сам на латинский манер подписывал свои сочинения. Философ, математик и любознательнейший естествоиспытатель своего времени.



Титульный лист сочинения  
Декарта «Начала философии»

остановилась в каком-нибудь месте, она не покинет его до тех пор, пока другие ее оттуда не вытолкнут; и если она начала однажды двигаться, то продолжает это движение с равной силой до тех пор, пока другие ее не останавливают или не замедлят ее движения».

Трущиеся друг о друга частицы Декарта шлифуются и дробятся. Из самых гладких и круглых, непрерывно несущихся в круговом движении, образуется материя неба. Раздробленные осколки вытесняются в центр, образуя стихию огня, а более массивные частицы, как в сепараторе, оттесняются на периферию, и из них получаются тела планет.

Таким образом, противопоставив Аристотелю совсем новый метод, Декарт на основании простых принципов механики пытался объяснить все явления от поведения и происхождения живых существ и до жизни небесных тел.

«Славный и первый из новых философов Картезий осмелился Аристотелю философию опровергнуть и учить по своему мнению и вымыслу. Мы кроме других его заслуг особенно за то благодарны, что тем ученых людей ободрил против Аристотеля, против себя самого и против прочих философов в правде спорить, и тем самым открыл дорогу к вольному философствованию и к вящему наук приращению». Так писал о Декарте наш соотечественник, замечательный ученый-энциклопедист Михаил Васильевич Ломоносов.

## ПОДЧИНИТЬ ЯВЛЕНИЯ ПРИРОДЫ ЗАКОНАМ МАТЕМАТИКИ

Все люди земли знают Исаака Ньютона как великого физика. Но в 1927 году неутомимые исследователи разыскали где-то в Европе каталог библиотеки сэра Исаака. И что же? В нем оказалось около сотни книг по алхимии и химии. Да и в рукописях великого ученого антиквары обнаружили немало страниц, на которых мелким почерком его рукой были выписаны заметки и рецепты из алхимических трактатов.

Более того, в первом издании своего замечательного труда «Математические начала натуральной философии» среди девяти гипотез, предпосланных изложению системы мира, Ньютон записал под номером три такое определение: «Гипотеза III. Каждое тело может преобразовываться в тело другого какого-либо рода, проходя через все промежуточные ступени качеств». Что это, как не алхимическая идея?..

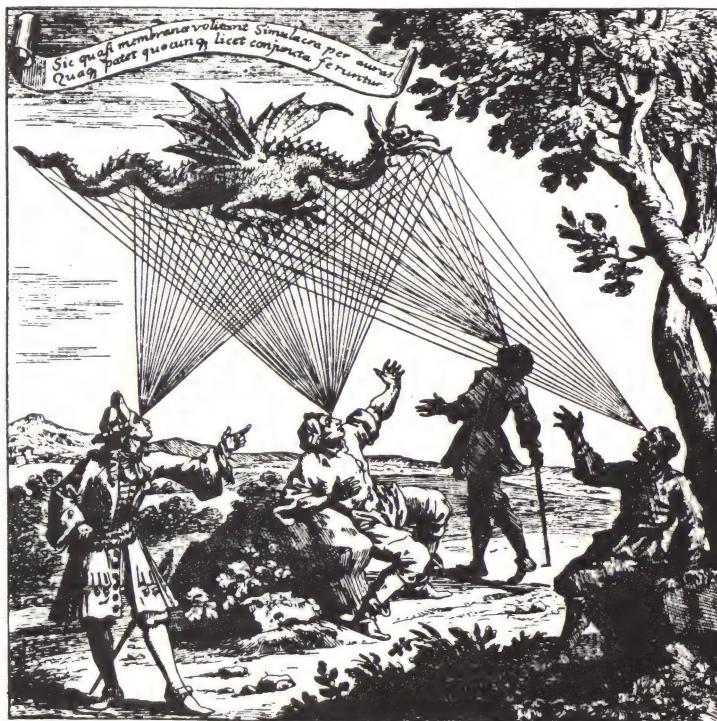
Но прошло несколько лет, и во втором издании «Начал» третья гипотеза была исключена. Не означало ли это, что Ньютон отказался от прошлых своих воззрений? Трудно сегодня ответить на этот вопрос определенно. Слишком тщательно таил сэр Исаак от постороннего взгляда свои алхимические опыты.

В научной биографии Исаака Ньютона известный советский ученый С. И. Вавилов писал: «В XVII веке, как, впрочем, и в предыдущую и последующую эпохи, для широких кругов алхимия в любом смысле относилась к разряду колдовства и магии и во всяком случае ставилась рядом с астрологией. Неудивительно поэтому, что Ньютон скрывал свои алхимические работы от окружающих... Слух о том, что директор Монетного двора может превращать медные фартинги в блестящие золотые гинеи, поселял бы панику во всей стране».

Был в библиотеке Ньютона и том Лукреция с описанием атомистической теории Демокрита — Эпикура. И у нас есть все основания считать, что и сэр Исаак придерживался атомистического взгляда на строение вещества. «Бог вначале дал материи форму твердых, массивных, непроницаемых подвижных частиц таких размеров и фигур и с такими свойствами и пропорциями в отношении к пространству, которые более всего подходили бы к той цели, для которой он создал их, — писал он в своем трактате «Оптика». — Природа их должна быть постоянной, изменения телесных вещей должны проявляться только в различных разделениях и новых сочетаниях и движениях таких постоянных частиц». «Мельчайшие частички материи могут скрепляться посредством сильнейших притяжений, составляя большие частицы, но более слабые; многие из них могут также сцепляться и составлять еще большие частицы с еще более



И. Ньютон — великий физик, тайно от всех занимавшийся и алхимией.



Рассуждение об углах зрения в трактате по оптике времен Ньютона.

слабой силой — и так в ряде последовательностей, пока прогрессия не закончится самыми большими частичками, от которых зависит химическое действие и цвет природных тел; при сцеплении таких частичек составляются тела заметной величины».

Если отбросить причастность бога, то эти слова, сказанные более трехсот лет назад, с полным правом могут быть приведены в любой современной книге, рассказывающей о строении вещества.

Исаак Ньютон был всего на шестнадцать лет моложе Роберта Бойля. Он родился 5 января 1643 года, в разгар гражданской войны в Англии. Как раз в этом году сторонники парламента потерпели жестокое поражение от войск Карла I при Страттоне. Но уже в следующем году предводительствуемые Кромвелем парламентские войска нанесли роялистам одно поражение за другим.

Ньютону было шесть лет, когда король Карл I Стюарт взошел на эшафот и ему отрубили голову, а Англию объявили республикой. Его детство и юность проходили в период протектората Кромвеля, а в год, когда окончив школу, Ньютон поступил в Кембридж, протекторат сменился реставрацией монархии и на престол взошел сын казненного короля Карл II.

В 1665 году страшная эпидемия чумы опустошила Англию, а год спустя не менее ужасный пожар истребил три четверти городских построек Лондона.

За время пребывания Ньютона в Кембридже страна пережила непопулярную войну с Голландией и гонение на католиков при Карле II. Затем Карла сменил Яков II, который изо всех сил стремился к восстановлению католицизма.

Восстания в Шотландии и их бесчеловечное усмирение. Бесконечные заговоры и казни. Наконец, «Славная революция» 1688 года, закончившаяся изгнанием Якова II и воцарением Вильгельма III...

Время было не только трудным, но и опасным. Современники писали, что при каждой смене власти над головами людей сгущалась атмосфера политической подозрительности. Повсюду шли повальные обыски и аресты. Процветало лжесвидетельство и доносительство. В такой обстановке даже философские споры становились небезопасными. А обстоятельства никак не оставляли Ньютона в стороне от них. Приходилось искать поддержки у сильных мира сего. В числе покровителей Ньютона того периода можно встретить и влиятельных папистов — католиков и вигов — протестантов.

После переезда Ньютона в Лондон ему скоро предложили место смотрителя Монетного двора, дававшее неплохую прибыль. И Ньютон ревностно принялся за исполнение новых обязанностей. В 1699 году он стал директором Монетного двора с большим годовым доходом и окончательно оставил профессуру в Кембридже. Четыре года спустя его избрали президентом Королевского общества. Но можно ли представить себе Королевское общество без споров, без дискуссий, которых так не любил и так боялся Ньютон? Он старался избегать их еще тщательнее, чем это делал Бойль. Но то, что удавалось богатому и потому независимому в своих делах и поступках Бойлю, то никогда не получалось у Ньютона. У него не было стольких средств, чтобы спокойно не замечать бурных политических событий своего времени.

Ньютон родился в семье мелкого фермера. И несмотря на всю ученость, его благосостояние полностью зависело от других людей. От них зависела часто не только возможность заниматься любезной его сердцу наукой, но и просто сохранение самой жизни. Потому-то и был он обречен всю жизнь непрерывно лавировать между враждующими партиями.

Как часто случается, что человеку недостает именно того, чего он жаждет больше всего на свете! Ньютон не любил споров, и тем не менее он всю свою жизнь непрерывно из одной тяжбы попадал в другую. Насмешка судьбы...



## ГЛАВА ТРЕТЬЯ

В разносторонней деятельности Ломоносова химия и вопросы строения материи занимали одно из ведущих мест. Он и академиком считался по классу химии.

С самого начала, добившись от Сената постройки первой в России химической лаборатории, Ломоносов повторил опыт Бойля по нагреванию металлических опилок в запаянных ретортах. Только в отличие от английского химика Ломоносов после прокаливания не вскрывал склянки перед взвешиванием. И что же? Вес сосуда с содержимым после опыта оказался в точности равен его весу до опыта. Немаловажная разница. «Оными опытами нашлось, что у славного Роберта Бойля мнение ложно, ибо без пропущения внешнего воздуха вес сожженного металла остается в одной мере». Ломоносов впервые в истории науки приходит к одному из основных законов природы — закону сохранения материи. А как же флогистон, как же сверхтонкая огненная материя? До позднего вечера не гаснет огонь в химической печи его лаборатории. Он прилипает кислоты к разным металлам и собирает выделившийся газ в бычий пузырь, натянутый на горловины реторт. Тоже опыт Бойля. И снова совсем другой вывод. «При растворении какого-нибудь неблагородного металла, особенно железа в кислотных спиртах из отверстия склянки вырывается горючий пар, который представляет собой не что иное, как флогистон».

Вот оно, «горючее основание». Ломоносову с его убежденным материалистическим мировоззрением было

### ПЕРВЫЙ РУССКИЙ АКАДЕМИК



*M. V. Ломоносов — человек, сделавший так много для русской науки, что трудно было себе представить, чтобы один человек был в состоянии совершить столько за одну жизнь.*

глубоко чуждо представлять что-либо в виде «нематериальной сущности».

Двадцать лет спустя Генри Кавендиш повторит в точности опыт русского ученого и получит тот же «горючий пар — водород». Его результат станет сенсацией, тогда как результаты опытов Ломоносова долгие годы пролежали в пыльных архивах Петербургской академии наук.

В одной из своих записок, относящихся к 1756 году, Ломоносов писал: «С тех пор, как я прочитал Бойля, мною овладело страстное желание исследовать мельчайшие частицы. О них я размышлял 18 лет».

XVII век явился эпохой возрождения древней атомистики. О ней говорили и писали такие известные философы, как Декарт и Гассенди. Ей много внимания уделял Бойль.

М. В. Ломоносов с самого начала своей деятельности был убежденным сторонником корпускулярной теории. «Если бы я хотел читать, не зная букв — бессмысленное дело. Точно также, если бы я хотел рассуждать о естественных вещах, не имея представления о началах их, это было бы столь же бессмысленно». По мнению Ломоносова, частицы, составляющие тела, должны непрерывно двигаться. Это обстоятельство, в сочетании с законом сохранения вещества и движения, он решительно ставит в основу своих рассуждений. Три превосходных диссертации написал Ломоносов по химии, обсуждая в них самые животрепещущие вопросы науки своего времени.

Убеждение в том, что вся материя построена из корпускул, не оставляло возможности Ломоносову признать существование «невесомых жидкостей» и «нечувствительных флюидов», которыми полны были высказывания даже самых выдающихся ученых его эпохи.

Ломоносов был первым ученым, первым академиком из русских людей. Кроме него, членами Петербургской академии состояли иностранцы, приглашенные из-за границы. Это также было одной из причин, по которым ему приходилось заниматься множеством дел сразу. Кроме физики и химии он занимался переводами, сочинял разнообразнейшую служебную документацию, редактировал книги, писал оды, стихи и адреса по случаям придворных праздников и, эксплуатируя свой дар красноречия, произносил речи. Он писал фундаментальную «Древнюю российскую историю», складывал из мозаики удивительные картины, руководил академической гимназией и организовал работу по созданию генеральной карты России, которой ранее страна никогда не имела.

Невозможно даже представить, чтобы один человек успел за свою жизнь сделать так много и в естественных и в гуманитарных науках. Не зря в иностранных книгах приводились утверждения, что-де в России всегда были два Ломоносова: один — химик, а другой — литератор. И что не следует путать их друг с другом.

Немало внимания и времени отдал Михаил Васильевич разработке вопросов атомистического строения ма-

терии. Подобный взгляд был для Ломоносова не просто отвлеченной системой философии, как для большинства химиков того времени. Он считал, что именно атомизм давал ключ к разгадке необъяснимых тогда физических явлений и превращений вещества. Как, например, не имея представления о прерывистом (дискретном) строении вещества, состоящего из мельчайших, неделимых далее частичек, объяснить переход тел из твердого состояния в жидкое, в газообразное? Как объяснить процесс передачи тепла из одного места в другое? Как понять механизм передачи звука?.. Нет, только движение различных атомов или их сочетаний давало, по мнению Ломоносова, удовлетворительные ответы на все эти вопросы.

Особенно интересны взгляды Михаила Васильевича на природу теплоты. В те годы широкое распространение имела теория теплорода, или флогистона. Большинство ученых считало, что теплота — это особая жидкость или особая материя, которая проникает в поры вещества и нагревает его или уходит из него, вследствие чего тело охлаждается. Ломоносов же был уверен, что теплота возбуждается движением и только движением.

Свою работу «Размышление о причине теплоты и холода» Михаил Васильевич послал знаменитому немецкому математику Эйлеру в Берлин. Эйлер долгое время работал в России и высоко ценил Ломоносова как ученого. «Размышления» были напечатаны в первом томе научного журнала «Новые комментарии». И таким образом его взгляды могли знать известные европейские ученые.

Тем не менее долгие годы труды Ломоносова были практически неизвестны мировой науке. Лишь в начале XX века, а особенно после победы Великой Октябрьской социалистической революции справедливость была восстановлена.



Макет химической лаборатории М. В. Ломоносова в С.-Петербурге, восстановленный в наши дни по сохранившимся описаниям.

Давайте проделаем мысленный эксперимент. Представьте себе: мы с вами — алхимики. Нет, пусть лучше — химики, вооруженные самыми передовыми взглядами XVIII века. Только не позже восемнадцатого. И нам с вами нужно объяснить: почему одни тела воспламеняются легко и горят светло и жарко, а другие — не разжечь? Почему, если прокаливать металл, он чернеет, превращается в окалину и вес его увеличивается? А стоит эту же окалину насыпать на горящие в горне уголь или серу, как через некоторое время из черной и рыхлой окалины снова возродится капелька светлого и чистого металла. Почему?.. Впрочем, пока хватит вопросов. Давайте отвечать.

Прежде всего, что такое горение? С древнейших времен люди знают, что горение — это процесс разрушения.

## ТАИНСТВЕННЫЙ ФЛОГИСТОН



Печать Петербургской  
академии наук.

Помните, у Аристотеля: «Огонь — всеобщий анализатор». То есть он все может разложить на составляющие части. Значит, из сгоревшего тела уходит что-то важное в виде пламени. Но что, пока мы не знаем. Назовем его «горючим началом». Много «горючего начала» в теле — оно и горит легко и жарко. Мало — не разожжешь. Отнимешь это «начало» у металла, получишь окалину — «землю». Вернешь его окалине — снова металл. Не означает ли это, что именно окалина и «горючее начало» — первейшие элементы, из которых состоят металлы? Напоминаю, что мы с вами вооружены лишь знаниями, достигнутыми к XVIII веку.

Неудивительно, что примерно таким был путь рассуждений химика Иоганна Бехера (1635—1682) и врача Георга Штала (1659—1734), которые явились творцами новой теории «горючего начала» в веществе, или теории «флогистона». В чем заключался ее смысл? Главное утверждение Штала гласило, что чем больше в теле флогистона, тем больше у него способность к горению. Именно потому уголь считался состоящим почти из чистого флогистона, а металлы — из флогистона и «извести». Теряя флогистон, окисляясь, металлы превращались в «известь» — окалину, а приобретая флогистон в результате прокаливания с углем, «известь» — окалина превращалась, восстановливаясь в металл. Это логическое объяснение чисто внешней стороны наблюдаемых явлений было одновременно и силой и слабостью новой теории.

Силой — потому что оно упрощало теорию химических явлений.

Слабость новой теории заключалась в том, что, описывая внешнюю сторону явлений, она не стимулировала интереса к проникновению вглубь, то есть не давала возможностей дальнейшего развития.

Теория флогистона, как мы знаем о том сегодня, была неверной в корне. И тем не менее она была в свое время очень нужной и важной!

Читатель вправе задать вопрос: «Разве может быть так, чтобы в принципе неправильное знание было нужным наукой?»

Ответить на это можно так: истинное знание о предмете не может быть постоянно одним и тем же, установленным заранее. Оно изменяется с изменением исторических условий по мере накопления человечеством знаний об отдельных сторонах изучаемого объекта. Сначала, когда мы знаем мало, наше представление о предмете или явлении поверхностно. Но при этом нам часто кажется, что мы знаем о нем все. Потом наши знания о различных его сторонах расширяются, и мы начинаем понимать суть изучаемого объекта глубже. Так с изменением условий меняются и пределы истинности знания.

В XVIII веке люди накопили множество сведений об обжиге и горении различных тел. Но все эти знания были разрознены. Их следовало, как кирпичи, сложить

в определенном порядке, чтобы получилось здание теории. Теории, которая объясняла бы все разнообразие наблюдаемых явлений с единых позиций. Тогда, обобщив накопленные сведения, химики могли бы попытаться двигаться дальше.

Единая основа, стройность, а главное — простота и наглядность теории флогистона способствовали ее быстрому и широкому распространению. Скоро о ней заговорили в университетах и новая теория стала общепризнанной. Творцов ее не смущали никакие несообразности. Не смущало и то, что порой теория флогистона просто противоречила опыту.

Помните, я рассказывал о том, как Бойль обратил внимание на увеличение веса окалины? Но ведь при нагревании тела должны были терять флогистон. Как же так: что-то терялось, а вес увеличивался? Однако основатель новой теории не придал этому противоречию никакого значения. Он предложил считать, что у флогистона вес отрицательный! Только и всего! Вы скажете, что это в чистом виде спекулятивная уловка. Правильно. Потому я и говорил, что химическим исследованиям даже в XVIII веке было еще очень далеко до методов галилеевской физики.

Для Штала и его последователей флогистон был настолько очевидным веществом, что они даже не задумывались над выделением его в свободном состоянии. Кроме того, среди химиков все еще было немало сторонников аристотелевских взглядов на флогистон. Они считали его скорее некоей «сущностью», не имеющей материальной природы, чем веществом.

Однако XVIII век все же предъявлял свои требования и к химикам тоже. И потому все больше и больше усилий в разных странах тратилось на попытки выделить флогистон в чистом виде, изолировать и изучить его свойства.

Понятно, что, поскольку его в принципе не существовало, все эти попытки были обречены на провал. А вместе с флогистоном рушилась и единая теория. В химии наступала новая эпоха, связанная с именем Антуана-Лорана Лавуазье (1743—1794).

Известный историк химии М. Джуа делит научную деятельность Лавуазье на две части: первая — борьба против теории флогистона и вторая — уточнение понятий о химическом элементе, законе сохранения вещества, то есть общая реформа химии.

Антуан-Лоран Лавуазье родился осенью 1743 года в Париже в весьма состоятельной семье парламентского прокурора. Он получил домашнее образование и сначала, казалось, питал склонность к гуманитарным наукам,

**ИСТОРИЯ  
НЕ ПРИНИМАЕТ  
СОБОЛЕЗНОВАНИЙ**

но постепенно интерес к естествознанию, к математике и астрономии победил в нем первоначальные устремления.

Двадцати трех лет он составил проект освещения парижских улиц и представил его в академию, за что был награжден золотой медалью. А два года спустя, 20 мая 1768 года, члены Парижской академии наук избрали Лавуазье сверхштатным адъюнктом по химии.

В том же году в его жизни свершилось еще одно важное событие. По совету одного из богатых друзей Лавуазье стал пайщиком генерального откупа — компании финансистов, которые придумывали и собирали налоги для короля. Выгодное предприятие, что и говорить. А прекрасные финансовые способности Антуана — залог будущего богатства... Откуда ему было знать, что двадцать шесть лет спустя он заплатит за это решение головой...

С давних пор, точнее, с 1694 года существовала в химии одна загадка. Именно в указанном выше году в «цветущем городе» Флоренции два академика произвели необычный опыт: взяли в солнечный безоблачный день зажигательное стекло и направили пучок лучей от него на благородный алмаз. Нестерпимым блеском вспыхнули грани, словно перед естествоиспытателями предстал осколок солнца. Но прошло совсем немного времени, сияние становилось все слабее и наконец погасло. Великолепный камень исчез без остатка, будто сам обратился в свет.

Куда делся алмаз? Прошло много лет, прежде чем нашелся очень богатый человек, позволивший себе такую роскошь — повторить этот опыт. Этим человеком был Лавуазье. В 1772 году он подверг алмаз нагреванию и обнаружил, что тот сгорает, образуя углекислый газ. В то время он еще назывался «связывающийся воздух».

Лавуазье исследовал обжиг металлов и самостоятельно обнаружил увеличение веса «извести» — окалины. Наблюдал процесс перехода «извести» снова в металл и увидел, что при этом «выделяется значительное количество воздуха...». Еще опыты и новые открытия.

В своей лаборатории он разложил воду и получил уже известные химикам кислород и «горючий воздух», который сторонники теории Штадля считали флогистоном. Затем, взрывая смесь этого загадочного «горючего воздуха» с воздухом обыкновенным, Лавуазье снова получил воду.

Эти опыты привели французского ученого к мысли, что горючий воздух вовсе не таинственное «огненное начало» материи, а обычный газ. И он предложил назвать его гидрогеном, то есть «рождающим воду», в переводе на русский язык — водородом. Лавуазье считал водород в числе пяти самых первых, «простых тел», относящихся к трем царствам природы, которые следует рассматривать как элементы: свет, теплород, кислород, азот и водород.

По просьбе коллег Лавуазье поставил публичный



опыт по сжиганию водорода в кислороде. Эксперимент блестяще удался. Более того, вес полученной воды оказался равен весу израсходованных газов.

Многие исследователи, изучавшие метод работы французского химика, отмечали заботу, которую тот проявлял во время эксперимента, чтобы не потерять ни крупинки вещества, ни пузырька газа. Точные весы и постоянное внимание к ним позволили ему написать, что «ничто не уничтожается во время опытов; только материя огня, теплота и свет способны проходить сквозь поры сосудов». Значит, во всех своих экспериментах он, как само собой разумеющимся, руководствовался принципом сохранения веса веществ.

Ну, а вода? Вода оказалась просто сложным телом, состоящим из двух газов. И только. Но главный вывод, который сделал Лавуазье, занимаясь вопросами сначала горения, а потом и дыхания, заключался в том, что для поддержания обоих процессов нужен не таинственный флогистон, а обыкновенный газ кислород.

«Но если в химии все объясняется удовлетворительным образом без помощи флогистона, — писал он в заключительной статье, — то одно это означает бесконечно большую вероятность того, что такое начало не существует и что оно представляет собой гипотетическую субстанцию, неосновательное предположение...».

Это был конец теории Штала и начало новой химии.

Как же представлял себе Лавуазье строение вещества? Был ли он сторонником атомистического взгляда? Здесь можно сказать одно: специально атомистической теорией Лавуазье никогда не занимался. Он считал, что об этом наука знает слишком мало. Но и определять конкретно количество элементов как «кирпичиков мироздания» он не хотел. Его позиция в этом вопросе поражает своей диалектичностью. Вот посмотрите, что он писал в статье «Успехи химии»:

«Все, что можно сказать о числе и природе элементов, по моему мнению, сводится к чисто метафизическим спорам; это неопределенные задачи, допускающие бесчисленное множество решений, из которых, по всей вероятности, ни одно, в частности, не согласуется с природой... Если названием элементов обозначать простые и неделимые молекулы, составляющие тела, то вероятно, что мы их не знаем; если же, напротив, мы свяжем с названием элементов или начал тел представление о последнем пределе, достигаемом анализом, то все вещества, которые мы еще не смогли никаким способом разложить, являются для нас элементами; но не потому, что... не состоят из двух или большего числа начал, но... потому, что мы не имеем никаких средств их разделить... и мы не должны считать их сложными до тех пор, пока опыт или наблюдения не докажут нам это».

В своей книге «Элементарный курс химии» Лавуазье привел таблицу простых тел, разделенных на четыре группы.



А. Лавуазье с супругой в своей лаборатории.

Но эту классификацию французский химик вовсе не считал окончательной. «Химия идет к своей цели и к своему совершенству, разделяя, подразделяя и вновь подразделяя, и мы не знаем, каков будет предел ее успехам», — писал он.

Антифлогистонная система Лавуазье не только обогатила химию новыми результатами. Не менее важным было то, что она открывала множество новых возможностей для дальнейших исследований. И хотя оставалось еще немало химиков, не разделявших его взгляды, многие видные ученые примкнули к «новой школе».

Последние годы жизни великого химика проходили в эпоху крупных политических событий. Лавуазье много ездил по стране, видел нищету и разорение народа. Видел и непомерную роскошь двора. И наверняка понимал несправедливость существующего строя. Но он сам был генеральным откупщиком, то есть одним из самых ненавистных народу эксплуататоров.

Когда в первые годы революции к власти пришла буржуазия, Лавуазье немало времени посвятил общественной деятельности на благо республики. Работал в комиссии при Академии наук по введению во всей стране единой системы мер и весов, занимался вопросами чеканки монет, налогами... Но все громче на улицах Парижа звучали призывы к расправе с аристократами и откупщиками. И наконец, в суровые дни якобинского террора, вместе с другими финансистами Лавуазье был арестован. Суд революционного трибунала был скор и решителен: не виновен — свобода, виновен — смерть. Позорное и ненавистное народу ремесло откупщика само по себе служило достаточным обвинительным актом Лавуазье. В ночь на 8 мая 1794 года ему были предъявлены обвинения как врагу и грабителю народа. В десять утра состоялся суд и был вынесен приговор... Спустя несколько часов, доставленный вместе с другими откупщиками на площадь Революции, Антуан-Лоран Лавуазье — бывший откупщик и зять откупщика, гениальный ученый-химик — мужественно взошел на эшафот гильотины. По словам одного из биографов, супруга Лавуазье якобы заявила, что «ее муж стал жертвой не столько революции, сколько ученых, которые должны были его спасти».

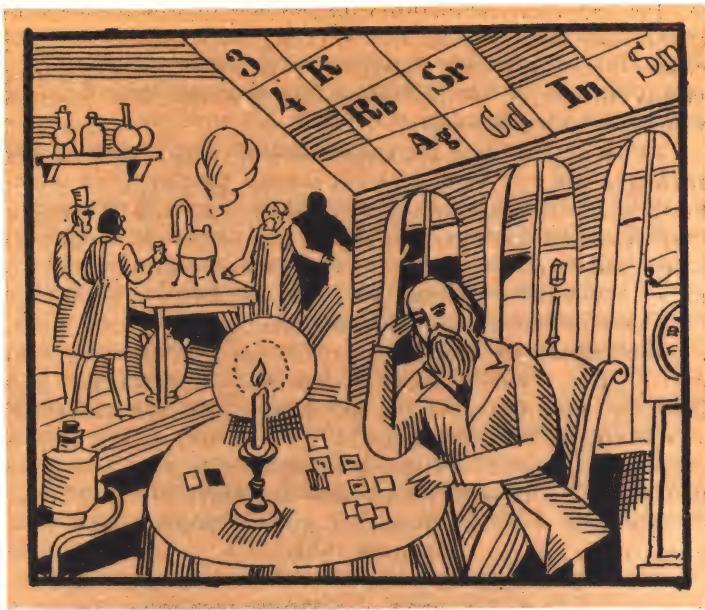
Действительно, несколько его бывших друзей по академии и той поре, когда он был богат и уважаем, оказались среди самых активных революционеров. Но никто из них не нашел в себе смелости замолвить слово за осужденного. Боялись? Наверняка! Завидовали? Возможно.

К сожалению, научные успехи далеко не всегда определяют и столь же высокие человеческие качества. Но вряд ли сегодня стоило бы вновь начинать рассуждения на тему о том, «что было бы, если бы...», потому что, права история или нет, соболезнований она не принимает.



Вэритас:

«Я горячий друг истины, — как говорил Вольтер, — но отнюдь не желаю быть ее мучеником».



## ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

Англичанин Джон Дальтон, как и большинство его соотечественников, был в восхищении от гения Ньютона. И полностью принял взгляды своего кумира на строение материи. Помните: «Бог вначале дал материи форму твердых, массивных, непроницаемых, подвижных частиц...»? Эти слова Ньютона Дальтон принял как заповедь.

Следуя учению Ньютона, он писал в своем сочинении «Новая система химической философии»: «Во всех химических исследованиях с полным основанием считается важной задачей определение относительного веса простых веществ, составляющих сложное. Из весов, пропорциональных массе атомов, можно было бы вывести относительные веса самих конечных частиц или атомов тел, что привело бы к установлению их числа или веса во многих других соединениях».

Смотрите, как интересно: Дальтон определенно считал, что атомы разных химических элементов имели различный вес. И по относительному количеству простого вещества, входящего в сложное соединение, он собирался эти атомные веса определять.

В то время в распоряжении химиков были уже результаты химических анализов некоторых газов, например: аммиака, двуокиси углерода, водяного пара и так далее. Но Дальтон не доверял тому, что сделано чужими руками. Он сам взялся за исследование этилена (в те годы он назывался «маслородным газом») и

### АТОМИСТИКА ДЖОНА ДАЛЬТОНА



Дж. Дальтон — основатель химической атомистики.

метана («углеродистого водорода» по старой номенклатуре) и нашел, что оба они состоят из углерода и водорода. Причем весовых количеств углерода, приходящихся на одну весовую часть водорода, в этилене было 5,7, а в метане — вдвое больше.

Такой наглядный результат привел его к мысли, что маслородный газ (этилен) образован соединением одного атома углерода с одним атомом водорода, а углеродистый водород (метан) получается в результате объединения одного атома углерода с двумя атомами водорода.

Ту же идею строения он распространил и на другие известные тогда газы. Получилось так.

Маслородный газ:

1 атом углерода + 1 атом водорода  
(вместо  $C_2H_4$  для этилена, как мы знаем о том сегодня).

Углеродистый водород:

1 атом углерода + 2 атома водорода  
(вместо  $CH_4$  для метана).

Аммиак: 1 атом азота + 1 атом водорода  
(вместо  $NH_3$ ).

Двуокись углерода:

1 атом углерода + 2 атома кислорода  
(что соответствовало действительности).

Вода: 1 атом кислорода + 1 атом водорода  
(вместо  $H_2O$ ).

Зная отношение элементов в указанных соединениях и приняв атомный вес водорода за единицу, Дальтон вычислил веса атомов и «веса сложных атомов» и составил в 1805 году такую таблицу:

Вещество	Атомные веса 1805 г.	Атомные веса по международной таблице 1971 г.
Водород	1	1,0079
Азот	4,2	14,0067
Углерод	4,3	12,011
Аммиак	5,2	
Кислород	5,5	15,9994
Вода	6,5	
Окись углерода	9,8	
Углеродистый водород	6,3	
Маслородный газ	5,9	

Конечно, значения, полученные Дальтоном, неточны. Он не мог еще представить себе правильно молекулы соединений. Но в принципе великая проблема связи атомистики с химией и превращения последней в количественную науку была решена.

Дальтон неоднократно пересматривал значения атомных весов основных элементов, уточнял их.

Для облегчения понимания своей атомной теории Дальтон ввел символы, обозначающие отдельные атомы разных элементов. Их соединение делало атомный состав сложных тел наглядным.

1. Водород	2. Азот	3. Углерод	4. Кислород	5. Аммиак	6. Вода
○	⊕	●	○	○○	○○

Работы Дальтона привлекли внимание не только в Англии, но и на континенте. Однако скромность и даже некоторая робость ученого в отношениях с людьми не дали ему возможности ни выдвинуться, ни извлечь из своей научной славы какие-то выгоды для себя. Он продолжал вести скромный образ жизни частного учителя, размышляя в свободные часы над трудами Ньютона и древних атомистов. Дальтон вступил в манчестерское литературно-философское общество и был деятельным его членом.

Парижская академия наук одной из первых признала заслуги ученого-самоучки, избрав его иностранным членом. Лишь после этого отечественные университеты поднесли ему почетные дипломы. А король назначил пенсию...

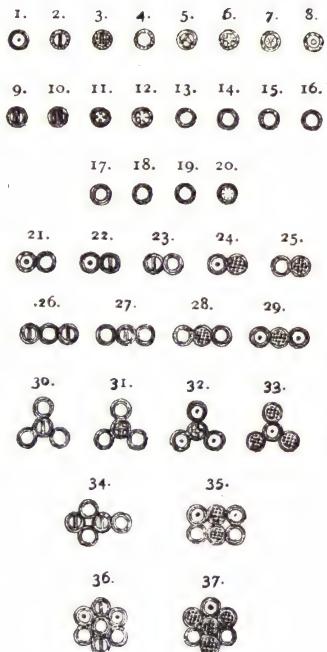
Джон Дальтон до конца жизни оставался скромным тружеником науки, ни на один день не теряя главного свойства своего характера — жажды познания.

Взгляды Дальтона получили широкое распространение, прежде всего, потому, что они оказались очень своеевременными. Однако немалую роль в их пропаганде сыграл химик Томас Томсон (1773—1852), известный в основном как историк химии.

Томсон был восторженным почитателем Дальтона. И хотя, как считают историки, «своим избыточным рвением Томсон принес делу больше вреда, чем помощи, потому что вследствие фатальной склонности к спекуляции он покидал иногда надежную почву точного исследования», тем не менее в распространение идей Дальтона Томсон внес, несомненно, большой вклад. Это очень важно, чтобы для научной теории вовремя нашелся хороший популяризатор.

Конечно, не все в теории Дальтона обстояло так хорошо, как казалось Томсону. Более того, в некоторых своих положениях английский химик шел даже на попятный по сравнению с уже высказанными идеями и предложениями других ученых.

Например, Дальтон не видел качественного различия между простыми и сложными атомами (молекулами), на которое обращал внимание еще Ломоносов. По мнению Дальтона, простые вещества вообще не могли состоять из сложных атомов (молекул). Эти ошибки привели его к большим неточностям в определениях атомных весов.



Символы элементов и соединений по Дальтону.

Нужно было срочно дополнить атомную гипотезу Дальтона представлениями о молекулах и найти способ точного определения атомного состава исследуемого элемента.

---

Джон Дальтон был сыном бедного ткача из Камберленда. Уже в детстве он проявлял такие способности к математике, что, когда ему исполнилось всего тринадцать лет, часто заменял учителя в своей школе. Однако семья его была настолько бедной, что в свободное от уроков время мальчик должен был искать дополнительные способы заработка.

В пятнадцать лет Джон поселился в небольшом городке Кендалль, где какой-то дальний родственник держал небольшую частную школу, и стал профессиональным учителем. За двенадцать лет пребывания в провинциальном городке Дальтон настолько пополнил свой багаж знаний, что отважился переехать в крупный промышленный Манчестер.

Он принял предложение занять место учителя математики и выступил в печати с работами, касающимися метеорологических явлений и дефекта зрения, которым страдал сам. В дальнейшем этот дефект получил название «дальтонизм».

Постепенно от наблюдений над метеорологическими явлениями он перешел к изучению газов. Он открыл закон парциальных давлений<sup>1</sup> и заинтересовался вопросом об относительном весе частиц газа.

---

В 1805 году французский химик Гей-Люссак доказал, что два объема водорода, соединяясь с одним объемом кислорода, давали два объема водяного пара, а не один, как следовало по теории Дальтона. Это требовало вдвое увеличить атомный вес кислорода.

Гей-Люссак не зря считался одним из самых выдающихся химиков своего богатого талантами столетия. Он ставит новые опыты: три объема водорода с одним объемом азота дают два объема аммиака, а не один, как получалось у Дальтона.

Несколько лет спустя Гей-Люссак обобщил свои исследования и сформулировал закон, согласно которому «газы всегда соединяются в простых объемных соотношениях, причем плотность газов пропорциональна принятым соединительным весам или простым кратным последних».

Узрев в законе Гей-Люссака помеху разрабатывающей им теории, Дальтон выступил против него, утверждая, что опыты французского исследователя неточны.

Атомистическая теория Дальтона требовала, чтобы в химических реакциях один атом вещества А соединялся с простым числом атомов вещества В. В этом и заключался его принцип образования сложных тел. А в объемах-то участвует огромное и вовсе не известное количество атомов газов. Как же тут быть?

Выход из создавшейся спорной ситуации нашел итальянский профессор физики Авогадро. Он первым понял, что если бы атомная теория Дальтона признала закон Гей-Люссака, то получилась бы истинная основа

---

<sup>1</sup> Закон Дальтона — один из основных газовых законов. Он гласит, что при постоянной температуре полное давление смеси нескольких химических невзаимодействующих газов равно сумме давлений всех составных частей смеси (сумме парциальных давлений).

для химической науки. Для этого надо было только предположить, что одинаковые объемы различных газов, разумеется при постоянном давлении и температуре, содержат одинаковое количество частиц-молекул. Эта, поистине счастливая, мысль во многом способствовала пониманию законов, по которым происходили химические реакции.

Вспомните споры между Дальтоном и Гей-Люссаком по поводу соединения кислорода с водородом и образования воды...

Теперь, с помощью закона Авогадро, все становилось на свои места. Два объема водорода и должны были соединяться с одним объемом кислорода, чтобы образовать при этом два объема сложных молекул воды. Поэтому что отношения объемов отныне следовало считать не чем иным, как отношением между числом молекул, которые соединяются между собой и образуют более сложные молекулы.

Молекулярная теория Авогадро легко объясняла многие противоречивые факты, над которыми бились химики XIX века.

И все-таки в течение нескольких десятилетий она оставалась практически неизвестной европейским ученым. Одной из причин этой несправедливости является то, что увлеченным экспериментальными проблемами, которые были выдвинуты реформой Лавуазье, химикам было не до теоретических рассуждений, к которым они в то время даже не были как следует подготовлены. Да и само понятие молекулы было пока что чуждым для большинства практиков.

Долгое время химики путали атомы (Авогадро называл их «простыми или элементарными молекулами») и молекулы — частицы вещества (по Авогадро «составные молекулы»).



Как рыба об лед, испокон веков билась мысль  
мудрецов в своем стремлении к единству во всем, то есть  
в искании «начала всех начал».

Д. И. Менделеев

РАССКАЗЫВАЛИ, что Амедео Авогадро ди Кваренья был человеком большой скромности. Он родился в 1776 году в Турине. Получил юридическое образование, но, испытывая большую склонность к точным наукам, изучил самостоятельно математику и физику и с 1820 года был профессором математической физики Туринского университета.

Многие его биографы соглашаются с тем, что в жизни Авогадро не было ничего внешне выдающегося. Единоажды избрав свой путь, он посвятил себя науке. Современники отмечали его как превосходного профессора физики, любимого студентами и сотрудниками.

Авогадро не занимался экспериментами. Работая над основами молекулярной теории, он опирался на результаты опытов таких известных в то время химиков, как Гей-Люссак, Дюма и Берцелиус. Но это дало основание некоторым историкам упрекнуть ученого в том, что он высказывал лишь общие и абстрактные идеи о строении тел. Умер он в том же городе, в котором и родился, в 1856 году.

Четыре года спустя после смерти Авогадро Международный химический конгресс в Карлсруэ утвердил молекулярную гипотезу и окончательно сформулировал понятия атома и молекулы.

Отныне атомом в химии стали считать наименьшее количество элемента, входящего в состав минимально возможной частицы вещества, вступающей в химическую реакцию и носящей название молекулы. В том случае, когда молекулы были одноатомными, оба понятия совпадали.

В принятии молекулярной гипотезы сыграли большую роль не только новые опытные данные, полученные многими химики, но и важные теоретические положения, высказанные главным образом французским химиком Ш. Жераром, а позднее итальянским химиком С. Канниццаро.

## КАЖДЫЙ МОЖЕТ УЧИТЬСЯ У ВСЕХ И ВСЕ У КАЖДОГО

XIX столетие внесло много нового в организацию европейской науки. Прежде всего, развитие отдельных ее отраслей, ранее резко ограниченных и замкнутых, привело ученых к поразительному открытию их связи друг с другом. Химики увидели, что те же самые силы природы, с которыми они привыкли иметь дело, могут изучаться и физиками. Химики-органики вынуждены были признать, что между миром органических веществ и неорганических общего также гораздо больше, чем это предполагалось. Обращение ученых к опыту, как главному источнику знаний буквально открыло шлюзы новых точек зрения, новых гипотез и теорий.

Заметно возросло количество научных исследований по заказам развивающегося производства. Промышленники обнаружили, что применение результатов научных исследований на практике может давать ощутимую прибыль. Появляются журналы типа «Журнал практической химии», сочинения, касающиеся связи науки с практикой. Например, в 1840 году вышла книга известного немецкого химика Ю. Либиха «Органическая химия в ее применении к земледелию и физиологии».

Открытие гремучей ртути позволило наладить производство ударных капсюлей, а открытие кислот и стеарина подтолкнуло производство мыла и свечей...

Оживление производства требовало объединения усилий ученых, а появление специальных журналов облегчало обмен информацией, знакомило специалистов и сплачивало их. Стала ощущаться нехватка в научных кадрах. Не просто в специалистах, которых выпускали университеты и высшие школы, а в людях, чьей профессией были бы научные исследования, то есть в профессиональных ученых.

Появляется и новая форма сообщества ученых — совместная работа в исследовательских лабораториях. Конечно, лаборатории существовали и раньше, во времена алхимиков. Но то были лаборатории одиночек. Редко когда алхимик открывал свои секреты подмастерью. Наука оставалась уделом одиночек до конца XVIII века. В новом столетии это положение резко изменилось. В частные лаборатории, организованные выдающимися учеными, стали приходить студенты и люди, окончившие университеты, с конкретной целью получения навыков в практической экспериментальной работе. Это были уже не безграмотные подмастерья, способные лишь на действия, указанные мастером. Это были люди со своими взглядами, способные к самостоятельному решению сложных проблем, поставленных перед ними учителем.

Постепенно в отдельных лабораториях, возглавляемых действительно выдающимися учеными и педагогами, начинают складываться научные школы.

Одной из первых таких научных школ является коллектив учеников, собравшихся в скромной лаборатории

Медико-хирургического института в Стокгольме у Йенса Яака Берцелиуса в самом начале столетия. Берцелиус оказался настоящим лидером, генератором идей, без которого немыслим никакой научный коллектив. Личное обаяние в отношениях с сотрудниками и настоящая страсть к литературной деятельности также работали на укрепление его положения учителя.

Деятельность его самого в химии поистине исполинская. Он сделал немалый вклад в развитие атомного учения, создал электрохимическую теорию, открыл многие химические элементы...



На протяжении почти всей первой половины XIX века Берцелиус прочно занимал положение как бы патриарха химии.

Другая выдающаяся научная школа была основана немецким химиком Юстусом фон Либихом в городе Гиссене. Либих был прирожденный преподаватель новой формации. Он первым, пожалуй, ввел в преподавание химии лабораторные работы для всех учеников, а не только для немногих избранных практикантов, как это было раньше. Умело руководя работой своих подопечных, он одновременно предоставлял им полную свободу самостоятельного выбора собственной дороги.

В лаборатории Либиха собирались студенты и практиканты из разных стран. Каждое утро профессор принимал отчеты о проделанной за день работе, выслушивал предложения и планы учеников на будущее. Дважды в неделю он сам делал обзоры по текущим вопросам. Рассказывал о своих работах и об успехах, выпавших на долю кого-либо из учеников. Каждый мог учиться у всех и все у каждого.

Лаборатория Либиха  
(по литографии того времени).



А. М. Бутлеров — основатель крупнейшей школы русских химиков.

Пример его школы оказал очень большое влияние на все последующие организации такого типа.

Неплохо были поставлены научные школы во Франции. Одна, которой руководил Вюрц, славилась своими теоретическими работами. Другая, под эгидой Бертло, добилась успехов в области экспериментальных исследований.

В Италии успешно работали химики под руководством Станислao Канниццаро, который блестяще разрешил все основные противоречия атомно-молекулярной теории своего времени и добился ее признания.

В России позже возникла и сформировалась крупнейшая школа русских химиков под руководством выдающегося ученого Александра Михайловича Бутлерова.

В 40-е годы XIX столетия в России намечались два центра химической науки. Первый — в Петербурге, где в ту пору в Главном педагогическом институте работал выдающийся ученый, основатель термохимии Герман Генрих Гесс (1802—1850), выпускник Дерптского университета. После стажировки в Швеции, где он одно время работал в лаборатории Берцелиуса, Гесс стал верным сторонником его взглядов на атомное строение вещества и пропагандистом электрохимической теории<sup>1</sup> в России.

Гесс очень много занимался русской химической номенклатурой. Он ввел современные русские названия почти для всех пятидесяти четырех известных к тому времени химических элементов.

В то же время в Петербургском университете работал ученик Гесса — Александр Абрамович Воскресенский — замечательный ученый и педагог, прозванный «дедушкой русской химии». Среди его учеников были многие из тех, кто в последующие годы вывел русскую химию на передовое место в мировой науке и составил ее славу и гордость.

Второй химический центр образовался в Казани. Здесь в начале 40-х годов молодой профессор кафедры технологий местного университета Николай Николаевич Зинин вместе со своим коллегой К. К. Клаусом<sup>2</sup> ор-

<sup>1</sup> По теории Берцелиуса, все сложные вещества построены из двух частей, каждая из которых обладает положительным и отрицательным электрическими полюсами. У металлов более сильны положительные полюсы, у металлоидов — отрицательные. Взаимодействуют всегда сильнейшие полюса, образуя химическое соединение. Теория Берцелиуса подтолкнула современников к систематическому изучению химических соединений, что было особенно важно для дальнейшей классификации элементов. Впрочем, уже к середине XIX века учение Берцелиуса стало противоречить новым фактам, а затем и тормозить дальнейшее развитие химии, особенно органической, в результате чего большинство химиков от него отказалось.

<sup>2</sup> В 1844 году новая химическая лаборатория Казанского университета получила с Петербургского монетного двора 15 фунтов платиновых осадков. Профессор Клаус принял за исследование этих осадков и скоро обнаружил в растворе соляной кислоты присутствие неизвестного элемента. Это оказался неизвестный дотоле металла. В честь России (по-латыни Россия — Ruthenia) Клаус предложил назвать его рутением.

ганизовал первоклассную химическую лабораторию. За два года он проделал в ней великолепное исследование по органической химии, снискавшее ему всемирную славу. Именно к этому моменту и относится начало нового периода в истории отечественной и мировой химии.

И все-таки, несмотря на появление отдельных ярких и оригинальных ученых, общее состояние науки в России той поры еще сильно отставало от мирового уровня. И начинающие молодые ученые были вынуждены завершать свое химическое образование за границей. Большинство ездило в Германию, в город Гейдельберг.

Город Гейдельберг находился на севере великого герцогства Баденского, к которому он отошел в 1803 году. История его начинается примерно с XII века, хотя в прошлом столетии при раскопках в одном из кварталов обнаружили остатки римского поселения, относящегося еще к III столетию до нашей эры.

В описываемое нами время город располагался на левом берегу Неккара как раз в том самом месте, где эта река выбирается из тесных гор в Рейнскую долину и образует необыкновенно живописную панораму. Но не красоты природы, не старинные церкви и не замок, стоящий на вершине холма Иеттебюль, привлекали к Гейдельбергу внимание ученых всего мира. Причиной был Гейдельбергский университет — один из старейших в Германии, основанный еще в 1386 году. Здесь в отличие от многочисленных европейских университетов с самого начала преподавание преследовало практическую пользу. Большую часть времени студенты занимались изучением естественных и математических наук, часто даже за счет светского образования и богословия. Тому было много причин: тут и реформация, и близость к областям кальвинизма, и богатые средневековые традиции в астрологии и алхимии...

В середине XIX столетия в Гейдельбергском университете на 752 студента было 80 преподавателей, из которых 34 были штатными — ординарными профессорами. Это характеризует высокий научный уровень учебного заведения. 50—60-е годы прошлого столетия были особенно блестящим периодом для университета. В нем работало много прославленных ученых с мировым именем. Их лекции, прекрасно оснащенные лаборатории привлекали к себе слушателей со всего мира. Одних только русских студентов и стажеров было тогда в Гейдельберге до сотни человек.

В 1859 году в Гейдельберге собралась большая группа русских ученых и студентов. Во главе приехавших химиков стоял Дмитрий Иванович Менделеев. Он уже успел побывать в Париже у несравненного механика Сол-

## В ГЕЙДЕЛЬБЕРГЕ



Чем меньше знаешь,  
тем меньше сомневаешься.



Г. Кирхгоф

лерона, которому сделал несколько заказов на приборы. Сам проследил за их выполнением, сам получил. И только после этого приехал в Гейдельберг, рассчитывая поработать в лаборатории знаменитого профессора Бунзена — изобретателя газовой горелки и соратника Кирхгофа в разработке спектрального анализа.

Некогда у Бунзена все началось с изобретения горелки — простой металлической трубки с тремя дырками. Через одну по резиновому шлангу поступал светильный газ, другая — для воздуха. К третьей — верхней — достаточно было поднести зажженную спичку, чтобы вспыхнуло пламя. Пламя бунзеновской горелки было очень жарким: до двух тысяч градусов. В том-то и заключалось ее достоинство и незаменимость для химических опытов.

Бунзен заметил, что многие вещества, сгорающие в почти бесцветном газовом пламени, ярко его окрашивают. Например, кручинка поваренной соли — натрий хлор — делала пламя желтым. А вот минерал сильвин — хлористый калий — окрашивал пламя горелки в фиолетовый цвет. В обоих опытах участвовал хлор. Но в первом случае — в соединении с металлом натрием, который окрашивал пламя в желтый цвет. Во втором случае — с металлом калием, окрашивавшим пламя горелки в фиолетовый цвет. А как поведут себя другие металлы?

Бунзен стал калить и жечь на своей горелке металл за металлом. И каждый из них окрашивал пламя в свой цвет! Похоже, что он открыл новый способ химического анализа! Да притом такой простой, что каждый химик в состоянии его произвести без всяких реактивов, растворов и громоздкой посуды. Надо только составить подробный список, какому элементу какой цвет пламени соответствует...

Но как раз при составлении этого-то списка и постигла Роберта Бунзена неудача. Оказалось, что некоторые элементы окрашивают пламя горелки одинаково. Да и примеси не настолько влияли на основной цвет, чтобы это удавалось заметить невооруженным глазом. На первых порах помогали фильтры — цветные стекла и стаканчики с разноцветными жидкостями. Удалось разобрать некоторые цвета по оттенкам. Но только некоторые! А какой же это новый метод анализа, если он позволяет определять не все элементы?...

Чтобы понять дальше ход истории открытия спектрального анализа, нам придется перелистать страницы книги исторической физики на два столетия назад. И перенестись мысленно с Европейского континента в Англию...

В сентябре 1665 года молодой бакалавр Тринити-колледжа Исаак Ньютона купил на ярмарке в местечке Стоунбридж стеклянную призму. Об этом событии сохранилась аккуратная запись в его расходной книжке. Некоторое время спустя в Лондоне разразилась чума.

И все более или менее состоятельные жители хлынули из города прочь. Уехал и Ньютон в родной Вулсторп — крошечную деревушку, где прошло его детство. За последние годы у него накопилось немало вопросов, нуждающихся в обдумывании. И деревенская тишина для этого была очень полезна.

Одной из загадок, занимавших мысли Ньютона, была природа света. Что это: поток частиц или волны вездесущего эфира? Почему одни световые лучи бывают красными, другие синими, трети зелеными? Как и почему эти лучи преломляются, проходя через стеклянную призму?...

Однажды ярким солнечным днем он приступил к задуманному опыту. Прикрыл ставнями окна и пропустил в затемненную комнату узенький лучик света из щели. На его пути у окна поставил призму, ту самую, что купил на ярмарке, а на стене за призмой прикрепил четырехугольную белую бумагу. И вот, пройдя через призму, белый солнечный свет распался, раскинулся на бумажном экране полосатую радужную дорожку — спектр<sup>1</sup>.

Ньютон усложнил условия опыта: следом за первой поставил вторую призму, перевернув ее «вверх ногами». И разделившиеся цвета послушно собирались снова в узкую полоску белого света.

Так Исаак Ньютон доказал, что «белый» солнечный свет на самом деле состоит из смеси всех цветов радуги.

После этого прошло много лет. Время от времени астрономы и физики-оптики возвращались к вопросу о спектрах света, который испускали те или иные самосветящиеся объекты. Ученые добывали новые факты и складывали их в общую копилку до того времени, когда придет пора их объяснения.

В начале XIX века мюнхенский оптик Иосиф Фраунгофер заметил, что в непрерывной спектральной дорожке солнечного света немало узких темных линий, а в спектрах искусственного пламени встречаются какие-то светлые линии. Это сообщение снова подогрело интерес к спектрам. Были поставлены опыты, результаты которых принесли новое количество полезных фактов. Ученые понимали, что наткнулись, образно говоря, на язык, на котором сама природа готова была рассказать людям что-то очень важное. Но время понимания этого языка еще не наступило...

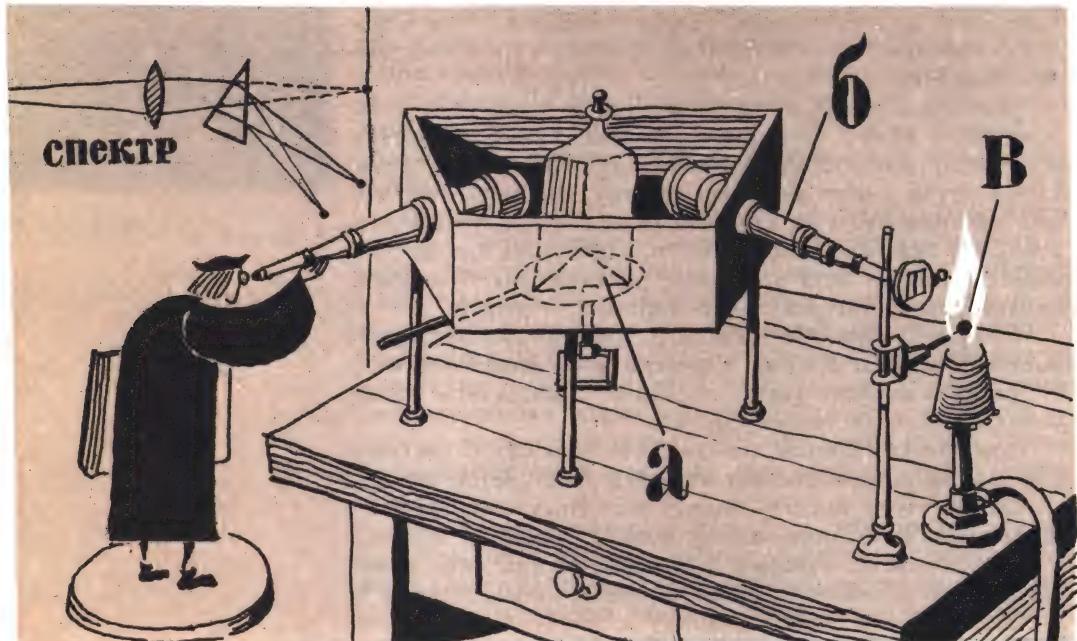
Одновременно с Бунзеном в Гейдельбергском университете, только на кафедре физики, а не химии, работал профессор Кирхгоф. Узнав о затруднениях коллеги с фильтрами, он сказал, что берется помочь. Он обещал изготовить прибор, который сможет различить оттенки, не поддающиеся никаким фильтрам.



Р. Бунзен

<sup>1</sup> Спектром называют всю совокупность различных знаний, которые может принимать данная физическая величина. Солнечный спектр — совокупность цветных полосок, которые получаются при прохождении солнечного света через стеклянную призму.

Кирхгоф предполагал пропустить окрашенный свет от бунзеновской горелки через призму, как это делал Ньютон. И вот он приступил к изготовлению прибора. В центре деревянной коробки из-под сигар Кирхгоф укрепил призму, а в стенках провортерл две дыры. Потом взял старую подзорную трубу с тремя линзами и распил ее пополам. Обе половинки вставил в дыры в стенах коробки. И ту, в которой было одно стекло, обращен-



#### Принцип действия спектроскопа

- а. Призма
- б. Труба
- в. Горелка

ное к призме, закрыл картонным колпачком с узкой щелью.

Луч света через щель попадал на призму и распадался на веер цветов, который можно было рассматривать с помощью другой половинки подзорной трубы с двумя линзами. Очень остроумной получалась конструкция.

Самое первое испытание нового прибора дало совершенно неожиданный результат. Спектр окрашенного пламени резко отличался от спектра солнечного света. В спектре нашего светила все семь цветов радуги лежат широкими мазками и постепенно переходят из одного в другой. В спектре пламени горелки оба исследователя увидели лишь отдельные узкие цветные полоски. Но самое главное заключалось в том, что у всех элементов набор этих полосок и их местонахождение были разные!

Новый спектральный анализ оказался таким чувствительным и точным, что позволял заметить примеси, которые нельзя было обнаружить никаким другим способом.

Конечно, после такого успеха Бунзен стал исследовать буквально все, что попадалось под руку. И когда в его лаборатории появился невысокий, но плечистый, высоколобый и бородатый русский стажер по фамилии Менделеев, аккуратному немецкому профессору оказалось не до него<sup>1</sup>.

Дмитрий Иванович был страшно разочарован. В лаборатории Бунзена не было никакого порядка. Толчая и неразбериха. Толпа студентов. Чуть недоглядел — и из-под рук исчезают реактивы и химическая посуда...

Правда, в дальнейшем сам Менделеев уверял, что принят был весьма радушно. Но в лаборатории рядом с ним оказался исследователь, работавший с сернистыми соединениями. Нестерпимая вонь не давала сосредоточиться. У Дмитрия Ивановича всегда была слабая грудь, и врачи даже одно время подозревали чахотку. Возобновившиеся боли в груди заставили Менделеева покинуть лабораторию Бунзена.

Он снял частную квартиру, провел в нее за свой счет газ и оборудовал небольшую лабораторию. В ней он и засел за изучение интересовавших его явлений, решив не посещать больше бунзеновской лаборатории вообще.

По вечерам в небольшой квартирке Менделеева часто собирались друзья. В истории не осталось всех имен русских студентов и стажеров, живших тогда в Гейдельберге. Неизвестно во всех подробностях и то, кто конкретно был в кругу друзей Дмитрия Ивановича. В воспоминаниях знаменитого русского физиолога Ивана Михайловича Сеченова, входившего в круг гейдельбергских друзей Менделеева, описаны Александр Порфириевич Бородин — будущий профессор химии и выдающийся композитор, химик Валериан Савич и другие молодые люди, имена которых он не запомнил. То было чудесное время. Все они были молоды, полны сил и надежд. В квартире Бородина было пианино. Правда, признаться, что серьезно увлечен искусством, он стеснялся и потому играл в основном знакомые арии из итальянских опер или песенки. Он был вообще чрезвычайно одаренным человеком: отлично писал маслом, лепил...

О чём только не переговорили они на таких вечерах! Сеченов вспоминает, как читали только что вышедший из печати роман Гончарова «Обломов», как спорили... Пройдет много лет, и уже заслуженный, умудренный опытом Д. И. Менделеев за свои обширные познания в искусстве — да, да, именно в искусстве! — будет избран действительным членом императорской Академии художеств.

<sup>1</sup> В том же 1860 году, изучая спектры щелочных металлов лития, натрия и калия, Бунзен пришел к выводу, что должен существовать еще и четвертый металл этой же группы. Он обнаружил в спектрах неизвестные до того голубые спектральные линии и назвал новый элемент цезием. Слово «цезиус» применялось раньше для обозначения цвета ясного неба...



## ХИМИЧЕСКИЙ ПАСЬЯНС ДМИТРИЯ ИВАНОВИЧА МЕНДЕЛЕЕВА

В 1861 году большинство русских ученых, стажировавшихся вместе с Менделеевым в Гейдельберге, закончили свои командировки и вернулись на родину. Вернулся в Петербург и Менделеев.

На совете университета, где слушался отчет Дмитрия Ивановича, успехи его были оценены весьма невысоко. Профессор Э. Х. Ленц даже высказался в том смысле, что «подобные результаты можно было получить и не выезжая за границу».

А старый учитель Дмитрия Ивановича, «дедушка русской химии» А. А. Воскресенский, посоветовал своему ученику быстренько сделать какую-нибудь «более значительную... чисто химическую работу».

Дмитрий Иванович принялся за работу засучив рука. Буквально в течение нескольких лет он стал виднейшей фигурой среди русских химиков. Он писал и выпускал учебники, публиковал результаты своих экспериментальных работ, много преподавал. Примерно в тот же период, купив на паях с профессором Ильиным недалеко от Клина имение Боблово, Менделеев серьезно увлекся экономикой сельского хозяйства. Он вступил в члены императорского Вольного экономического общества и напечатал в его «Трудах» целый ряд статей, посвященных практике ведения рационального сельского хозяйства.

К концу 60-х годов количество ученых-химиков в России настолько возросло, что наступило время подумать об их организации. И в 1867 году химическая секция I съезда русских естествоиспытателей приняла решение об организации Русского химического общества.

Дмитрий Иванович давно внимательно изучал все свойства известных элементов, пытался определить причины сходства и различий многих из них. Это была кропотливая и сложная работа. Для трети из всех известных тогда шестидесяти трех элементов химики не знали даже точного значения атомного веса. «Редкоземельные элементы» были вообще не изучены. Исследователи знали только их названия и символы да разве что самые общие грубые свойства. Правда, отдельные семейства элементов существовали. Известны были, например, галоиды, щелочные металлы... Но даже то, как связать между собой эти семьи, было совершенно неясно.

Можно только удивляться великолепной интуиции, проявленной Менделеевым в период этой работы.

Дмитрий Иванович много и упорно размышлял над принципами классификации, над внутренними причинами периодичности, которые обязательно должны были сказываться на физико-химических свойствах элементов.

Понедельник 17 февраля 1869 года был вовсе не удачным днем для открытий. И не в том дело, что февраль редко бывал в Петербурге солнечным и радостным. Про-



Д. И. Менделеев  
в период работы над  
таблицей элементов.

сто в этот день Дмитрий Иванович Менделеев — ординарный профессор химии Петербургского университета — должен был отбыть в командировку. И не по служебным, не по научным делам, а как действительный член Вольного экономического общества. По просьбе совета Общества он согласился совершить инспекционную поездку и обследовать работу артельных сыроварен Новгородской и Тверской губерний. Менделеев всерьез занимался сельским хозяйством...

---

РАССКАЗЫВАЮТ, что в поисках связей, объединяющих элементы в единый фундамент мироздания, Менделеев написал на визитных карточках с одной стороны название элемента, а с другой — его атомный вес и формулы главных соединений. Часами у себя в кабинете перекладывал он этот химический «пасьянс», выстраивая элементы по свойствам в логические ряды. В конце концов он, как шахматист, в уме представляя все поле, состоящее из шестидесяти трех клеток, в которых должны были разместиться элементы. Но ни один из вариантов его не удовлетворял.

И вот однажды во сне он увидел тот единственный порядок, который ему никак не давался наяву. Картина была такой ясной и отчетливой, что он проснулся, записал ее на листе бумаги. И утром периодическая таблица была готова...

Как было бы просто открывать законы природы, если бы все было так, как рассказывают легенды. Таких легенд немало... Среди историков химии ходит рассказ о том, как немецкий ученик Август Фридрих Кекуле — Дмитрий Иванович познакомился с ним во время пребывания в Германии — открыл формулу бензола...

Кекуле долго бился над тем, чтобы представить себе наглядно это сложное соединение. И однажды, во время одной из поездок, он обратил внимание на большую клетку с обезьянами, которую везли по улице на телеге. Напуганные тряской обезьяны висели в клетке, сцепившись друг с другом лапами и хвостами. И тотчас у Кекуле возникла яркая ассоциация: обезьяны представились ему атомами углерода, лапы их — это валентности, которыми эти атомы должны сцепляться друг с другом, а обезьяны хвосты — те самые свободные валентности углерода, которые насыщаются водородом.

Конечно, главное здесь не обезьяны в клетке, а та незримая внутренняя работа, которая должна быть либо закончена, либо близка к какому-то очень важному, тоже внутреннему, результату, и тогда может произойти любое, малозначащее внешне, событие, которое словно откроет шлюзы и даст выплеснуться накопленному творческому потенциалу.

---

Но пока извозчик, который должен был отвезти его на вокзал, не приехал, Дмитрий Иванович наверняка подсел к столу. Все его мысли были в те дни заняты учебником «Основы химии», который он писал. В это утро ему пришла в голову идея нового расположения «щелочных» и «щелочноземельных» металлов в рукописи. Новую идею следовало проверить... Можно себе представить, как он торопился, покрывая страницу за страницей расчетами. И нехитри и не оторваться — потому что он внезапно увидел в своих выкладках реальную основу новой системы элементов...

Конечно, он не уехал в понедельник. Не уехал и во вторник и в среду... Командировка была отложена на март, на то время, когда он из типографии получил первые оттиски таблицы, озаглавленной им «Опыт системы элементовъ», и, запечатав в конверты, разослал многим русским и зарубежным химикам...

Форма первой таблицы элементов действительно непривычна. Это так называемая длинная таблица. В последующие годы Д. И. Менделеев не раз возвращался к ней, переделывал, писал статьи, в которых развивал высказанные тогда, в феврале и марте, идеи.

## ОТ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ТАБЛИЦЫ К ПЕРИОДИЧЕСКОМУ ЗАКОНУ

Сказать, что открытие Д. И. Менделеева сразу было принято восторженно, было бы неверно. Оно было воспринято с осторожностью. В науке вообще редко что-либо кардинально новое проходит «на ура». На то это и наука. Ей необходим здоровый скептицизм. Восторженность ученых слишком дорого может обойтись науке и человечеству.

Одни химики встретили открытие периодического закона с нескрываемым интересом, потому что они сразу же увидели в нем большое подспорье их собственным работам. Другие отнеслись к нему отрицательно и изо всех сил старались опорочить предложенную систему, отыскивая в ней изъяны.

Но и тем и другим работа Менделеева казалась чрезвычайно смелой, и как у сторонников, так и у противников было к создателю периодического закона немало вопросов.

Посмотрите таблицу, представленную на фотографии. Дмитрий Иванович демонстрировал ее Русскому химическому обществу в 1870 году. Состоит она из восьми вертикальных столбцов, которые содержат восемь групп элементов. При этом номера групп определяют валентность элементов по кислороду.

Валентность — свойство атома образовывать химические связи с определенным числом других атомов — одно из характернейших химических свойств элементов.

С водородом элементы первых четырех групп обычных соединений не давали. Зато население IV, V, VI и VII групп с водородом соединялось охотно. При этом их валентность по водороду с увеличением номера группы падала.

Все записанные друг под другом элементы образовывали одно семейство похожих друг на друга веществ.

Менделеев твердо считал периодичность законом природы, и потому там, где атомный вес менялся не плавно от одного известного элемента к другому, а совершил скачок, он оставил в таблице пустые клетки и вписал в них среднее значение атомных весов еще не открытых и никому не известных элементов, которые, по его мнению, непременно должны были существовать. Этим «неизвестным» он давал названия предшествующих аналогов — соседей по группе, но с приставкой «эка», что на древнем санскрите означало «один». То есть «первый аналог».

Так, на свободное место в третьей группе по горизонтали между кальцием — 40 — и титаном — 48 — Дмитрий Иванович вписал атомный вес 44. А сам элемент назвал по соседу сверху, расположенному в том же столбце, экабором, предсказав его физические и химические свойства.

Прошло меньше десяти лет, и химик Л. Ф. Нильсон открыл среди редких земель новый элемент, названный

## ОПЫТЪ СИСТЕМЫ ЭЛЕМЕНТОВЪ.

ОСНОВАННОЙ НА ИХЪ АТОМНОМЪ ВЪСЬ И ХИМИЧЕСКОМЪ СХОДСТВѦ.

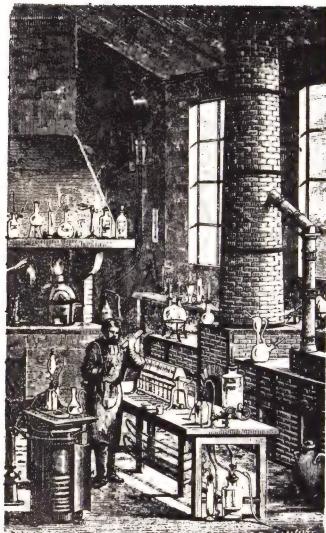
	Ti = 50	Zr = 90	? = 180.
	V = 51	Nb = 94	Ta = 182.
	Cr = 52	Mo = 96	W = 186.
	Mn = 55	Rh = 104, <sup>4</sup>	Pt = 197, <sup>4</sup>
	Fe = 56	Ru = 104, <sup>4</sup>	Ir = 198.
	Ni = Co = 59	Pl = 106, <sup>8</sup>	Os = 199.
H = 1	Cu = 63, <sup>4</sup>	Ag = 108	Hg = 200.
	Be = 9, <sup>4</sup>	Mg = 24	Zn = 65, <sup>8</sup> Cd = 112
	B = 11	Al = 27, <sup>4</sup>	? = 68 Ur = 116 Au = 197?
	C = 12	Si = 28	? = 70 Sn = 118
	N = 14	P = 31	As = 75 Sb = 122 Bi = 210?
	O = 16	S = 32	Se = 79, <sup>4</sup> Te = 128?
	F = 19	Cl = 35, <sup>8</sup>	Br = 80 I = 127
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85, <sup>4</sup> Cs = 133 Tl = 204
		Ca = 40	Sr = 87, <sup>8</sup> Ba = 137 Pb = 207.
		? = 45	Ce = 92
		?Er = 56	La = 94
		?Yi = 60	Di = 95
		?In = 75, <sup>4</sup>	Th = 118?

Так выглядела  
таблица элементов  
Менделеева  
в первом издании его книги  
«Основы Химии».

им по имени своей родины скандием. И тотчас же другой химик, П. Т. Клеве — соотечественник Нильсона, — указал, что свойства нового элемента полностью идентичны экабору, предсказанному Менделеевым...

В своей классической статье «Естественная система элементов и применение ее к указанию свойств неоткрытых еще элементов» Дмитрий Иванович Менделеев предсказал свойства еще нескольких элементов, неизвестных современникам. И со временем все его предсказания блестяще сбылись.

Но были и трудности, не дававшие химикам безоговорочно принять систему, предложенную Менделеевым. И начинались эти трудности с самого первого элемента периодической системы — с водорода... Казалось бы,



Химическая лаборатория середины XIX века.

чего проще: водород — старый знакомый химиков. Еще со времен Парацельса и Бойля этот горючий газ — постоянный спутник многочисленных опытов, во второй половине XIX века он не должен был вызывать никаких сомнений. Но химики не могли согласиться с тем, что Менделеев поставил водород в первую группу таблицы, потому что в химическом отношении он совсем не походил на другие элементы той же группы.

Вопрос о водороде осложнялся еще и тем, что тесно связывался с проблемой единства материи. Эта старая философская традиция вовсе не умерла в XIX столетии. Представьте себе, как заманчиво было бы найти единую материю, из которой разными способами удалось бы собрать все имеющиеся в распоряжении человечества элементы...

Водород, если принять его вес за единицу, очень подходил для такой роли. На это обратил внимание еще в начале XIX века английский врач и химик Уильям Праут. И с тех пор химики пытались как можно точнее определить атомные веса химических элементов. К сожалению, многие из них выражались дробными, а не целыми числами. И в конце концов гипотезу Праута пришлось оставить.

А теперь давайте от первого элемента таблицы перейдем к последнему, к урану.

Во времена Менделеева это был весьма малоизученный элемент. Открыт он был, правда, довольно давно, еще в 1789 году. Но за сто лет о нем узнали мало что нового. Да не очень-то и интересовались. Атомный вес урана всеми принимался за 120. Поэтому сам элемент должен был, согласно периодическому закону, идти следом за оловом — 118, — которое Дмитрий Иванович поместил в IV группу таблицы, и стоять перед сурьмой — 122 — из V группы... Но известные химикам свойства урана не пускали его на это место.

Менделеев был абсолютно уверен в справедливости своего закона. Раз химические свойства урана не соответствуют его месту по атомному весу, стало быть, атомный вес найден неправильно! И Дмитрий Иванович передвигает уран на более подходящее ему место в III группу таблицы и записывает его после кадмия — 112. Здесь, вроде бы, и валентность ему более подходящая и бор с алюминием в родственники годятся. А как быть с атомным весом? Менделеев заменяет его на величину 116... Но всякое решение должно быть проверено. И Менделеев много времени проводит в лаборатории. Вместе с ним над изучением и проверкой свойств упрямых элементов, не соответствующих определенным им местам в таблице, занимались и его ученики. Редкого урана среди реактивов лаборатории не было. Менделеев попросил по старой дружбе А. Бородина — профессора Медико-хирургической академии прислать ему хоть какие-нибудь соединения этого элемента.

Но у Бородина урана тоже не оказалось. Менделеев

вспомнил, что на Парижской выставке 1867 года химик Менье демонстрировал сплавленный образец нужного ему металла. Он написал во Францию. И снова неудача. Оказалось, что Менье все количество имевшегося у него урана передал другим исследователям.

Оставался путь теоретических размышлений на основании чужих исследований и чужих результатов. После долгих раздумий Дмитрий Иванович пришел к выводу, что и новое избранное им для урана место в периодической системе тоже не годится. И вообще для того, чтобы сошлись концы с концами, атомный вес урана надо... удвоить, а сам элемент поместить в VI группу.

Многим химикам тогда это казалось чистым произволом. Но прошло несколько лет, и были опубликованы новые работы по химии урана, поставленные в различных лабораториях мира. Атомный вес его оказался действительно удвоенным. Подтвердилось и место его в VI группе таблицы.

Д. И. Менделеев вовсе не считал, что уран — последний элемент из существующих. Вслед за ним в пустые клетки таблицы он вписал атомные веса предполагаемых элементов следующих групп. Правильность этого прогноза великого химика подтвердилась уже в наши дни, много лет спустя после опубликования периодического закона и периодической системы химических элементов.

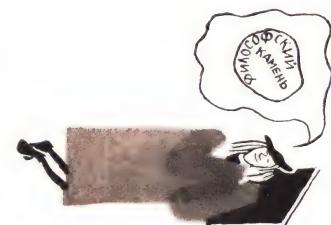
Немало сил Дмитрий Иванович отдал и поискам единой праматерии, которую в те годы искали все.

В 1903 году Менделеев выдвинул гипотезу, что мировой эфир — таинственная субстанция, берущая свое начало от пятой сущности Аристотеля и до сей поры никем из естествоиспытателей не обнаруженная, — есть не что иное, как легчайший инертный газ, заполняющий космическое пространство. «Мировой эфир, — писал он, — можно представить, подобно гелию и аргону, газом, неспособным к химическим соединениям. Эфир есть простое тело, лишенное способности сжиматься и вступать в частичное химическое соединение». В опубликованной позже таблице Менделеев помещает в нулевой группе инертных газов неизвестные элементы, атомный вес которых предполагался меньше, чем у водорода. Какие могли быть у химиков основания думать, что система элементов ограничивается в сторону легчайших элементов водородом?..

Менделеев назвал наилегчайший элемент нулевой группы ньютонием. Атомный вес его не должен был превышать миллионной доли атомного веса водорода. «Это и есть эфир», — писал он в заключении статьи.

Сегодня мы знаем, что никакого эфира не существует, а водород должен занимать первое место в таблице, поскольку атом его имеет наименьший заряд ядра. Понятно нам и то, что между водородом и гелием нет никакого другого элемента.

Вызывали недоумение также элементы меди, серебра и золота. Действительно, как можно было поместить



Нет ничего опасней  
для новой истины,  
как старое заблуждение.

И. В. Гете

их вместе со щелочными металлами в I группу и одновременно в VII, вместе с металлами группы железа?

Не могли химики согласиться и с размещением в таблице «редкоземельных элементов»...

Время изменило первоначальный вид таблицы, дополнило ее, оставило в клетках лишь те элементы, которые в полной мере соответствовали периодическому закону, открытому замечательным нашим соотечественником Дмитрием Ивановичем Менделеевым. Периодический закон открыл перед химиками новые горизонты, но он же и поставил перед учеными новые вопросы.

Еще во времена Менделеева было ясно, что между элементами, лежащими в основе материального мира, должна существовать глубокая внутренняя связь. Должна, но в чем она заключалась? На каком уровне ее искать? В чем истинная причина периодичности элементов? И почему свойства родственных элементов повторяются, строго следя открытым Менделеевым периодическому закону: 8, 18, 32?..

Нужно было срочно, немедленно искать ответы на эти вопросы, потому что они тормозили развитие науки о строении вещества, тормозили поиск первоначал мира. Но здесь начинается уже совсем другая часть этой истории, часть, которая связана не с химией, а со смежной наукой, которая с давних времен стоит в школьных расписаниях коротким словом: ФИЗИКА.

## НЕБОЛЬШОЕ ПОСЛЕСЛОВИЕ К ПЕРВОЙ ЧАСТИ, КОТОРОЕ НЕТЕРПЕЛИВЫЙ ЧИТАТЕЛЬ МОЖЕТ И ПРОПУСТИТЬ

Прежде чем мы рас прощаемся с почтенной древней наукой, стоящей у истоков поисков первоначал, давайте подведем некоторые итоги ее достижений на этом пути.

Во-первых, еще раз вспомним: что такое химия? Классическое определение гласит: ХИМИЯ — это наука о веществах и их превращениях.

А что мы понимаем под веществом? Это тот материал, из которого состоят любые тела. Любые — это значит: звезды и живые козявки в лужах стоячей воды; кристаллы со строгими, раз и навсегда заданными формами и дождевые капли, растекающиеся на асфальте и испаряющиеся под лучами проглянувшего солнца.

Вещество может быть простым и сложным, представляющим собой соединение многих простых...

Самым простым веществом считаются химические элементы, не поддающиеся дальнейшему химическому разложению. Каждый химический элемент состоит из одного сорта атомов — мельчайших, неделимых и совершенно неизменных с точки зрения химических реакций частиц, которые сохраняют все химические свойства своего элемента.

Комбинируя разные атомы во всевозможные сочетания, но оставляя их при этом неизменными и недели-

мыми, химия создает молекулы — мельчайшие частицы сложных соединений, сохраняющие все химические свойства этих соединений и являющиеся основой сложных тел.

Итак, от тел к веществу, от вещества через молекулы к неделимым атомам; и от атомов через молекулы снова к веществу и к телам...

Все! Выходит так, что на уровне атомов поиск химии первоначал мира заканчивается? Получается, что, взяв из философии идею дискретного строения вещества, Великая Наука Химия доказала реальность существования атомов и дальше не пошла?..

Химия всегда была тесно связана со всеми отраслями естествознания. В наши дни эта связь стала неразрывной. Читатель, наверное, не раз слышал названия таких разделов современной химии, ставших самостоятельными пограничными отраслями наук, как биохимия, которая изучает химическую сторону биологических явлений; геохимия, занимающаяся химическим анализом горных пород и изучением распространения химических элементов и природных соединений на Земле; физическая химия, которая изучает химические объекты и химические явления с помощью физических методов исследования.

Физическая химия сама по себе состоит из нескольких самостоятельных наук, среди которых химическая физика, применяющая к исследованию химических вопросов самые последние достижения новейшей физики, в том числе физики атома и физики ядра... Сюда же относится квантовая химия, использующая для своих целей методы квантовой механики; химия изотопов. Можно назвать химическую термодинамику, электрохимию, радиационную химию, радиохимию и много-много других разделов...

Успехи многих перечисленных наук дали химии надежную основу для химических представлений о строении вещества. Сегодня химики должны знать и знают физику. Они прекрасно осведомлены о том, что химические свойства элементов объясняются электронной структурой атомов. Знают и то, что образование молекул сложных соединений подчиняется законам квантовой механики. Химики используют для своих исследований спектроскопию и рентгеноструктурный анализ, методы меченых атомов и ядерные излучения, ускорители, сверхнизкие и сверхвысокие давления и температуры, глубочайший вакуум...

И все-таки химия по-прежнему остается наукой о веществах и их превращениях, связанных с изменением комбинаций единых и неделимых атомов.

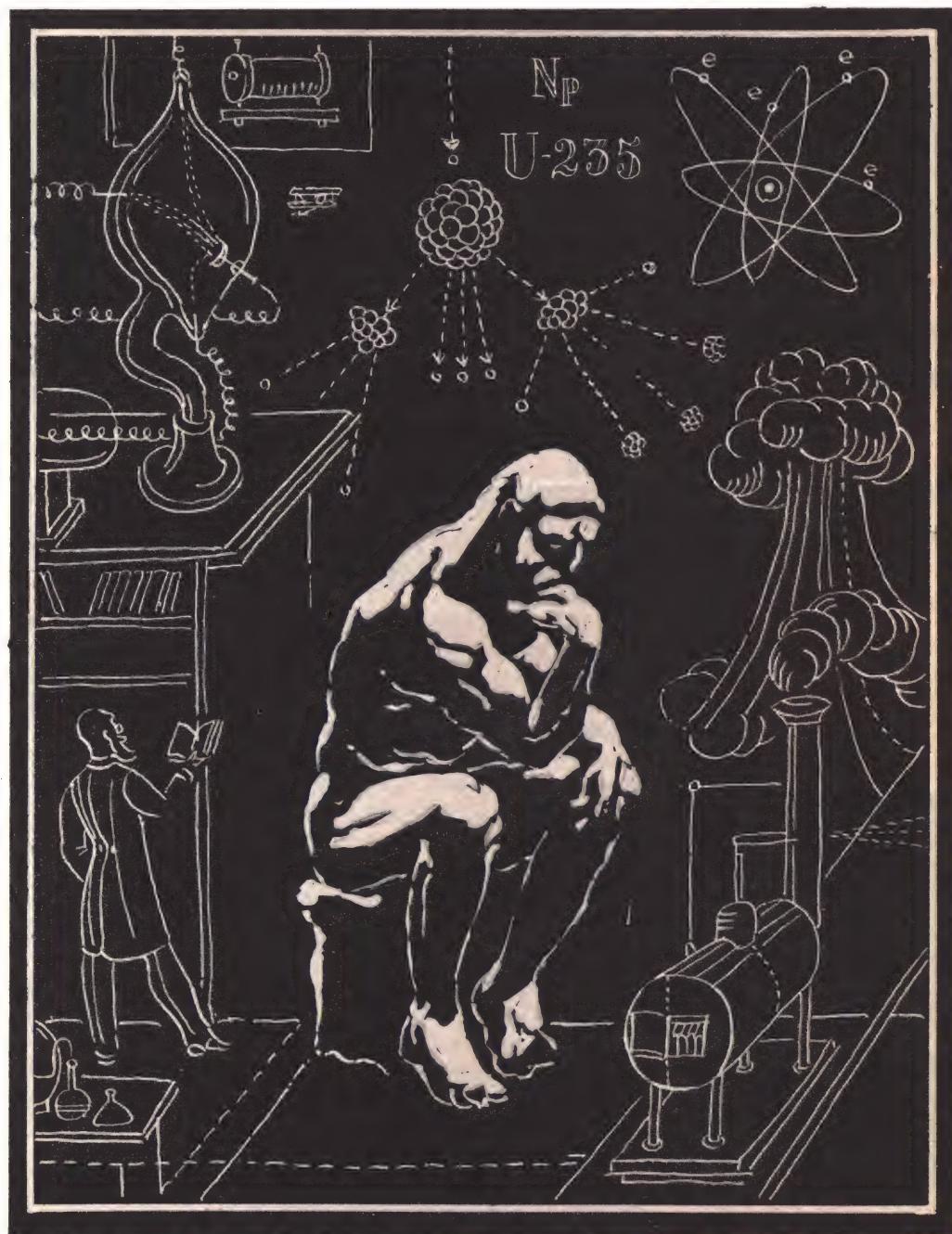
Нам же в поисках первоначал пришло время углубиться в недра этой загадочной, как сфинкс, мельчайшей частицы химического элемента, частицы, названной еще древними греками неделимой, или атомом.



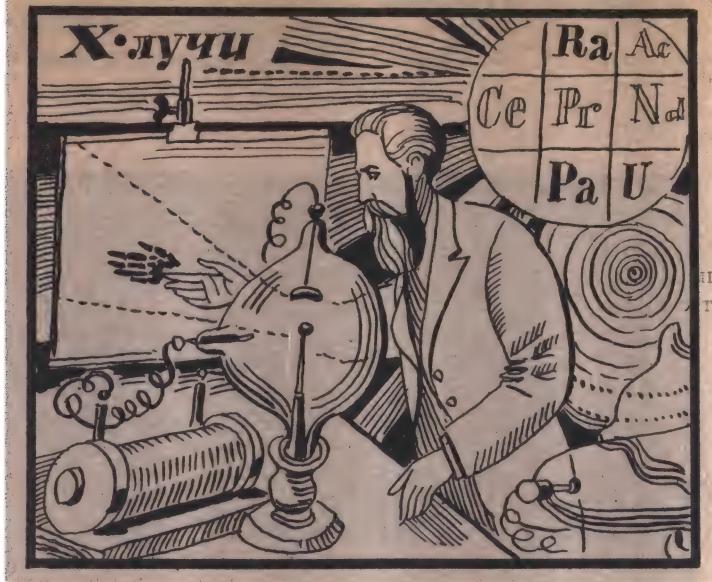


## Часть вторая,

повествующая о том,  
как физики отобрали атом у химиков  
и что из этого вышло



## ГЛАВА ПЯТАЯ



### МИР ИЗ ЧАСТИЦ

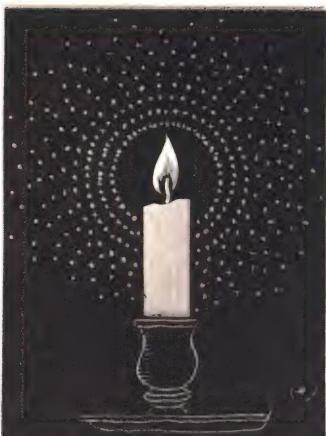
Вы уже достаточно хорошо познакомились с различными видами веществ, чтобы сделать некоторый обобщающий вывод.

В классической физике вещество — одна из основных форм материи. К понятию «вещество» мы относим все окружающие нас макроскопические тела. Мы довольно много будем пользоваться этим определением, и потому давайте договоримся называть макроскопическими все тела, большие по размеру, хорошо видимые невооруженным глазом и имеющие собственную массу. Состоят макроскопические тела из частиц, которые тоже обладают массой, но размеры их так малы, что невооруженным глазом их не увидишь. Эти частицы хоть и принадлежат к микромиру, но также относятся к веществу.

Кроме как в форме вещества материя существует еще и в форме поля. Что же это такое?

Понятие о поле возникло примерно во второй половине XVII века, после работ Ньютона, хотя сам термин «физическое поле» был введен в науку значительно позже Максвеллом. Но Ньютон первым научил людей вычислять силы тяготения между физическими телами, заложив, таким образом, основу для введения понятия «силовое, или физическое, поле».

Строго говоря, самому Ньютону такое понятие понадобилось лишь для более экономного обозначения «области пустого пространства между телами, в котором



Свет — частица!

действуют силы притяжения». Только пустое пространство и массивные тела, которые действовали друг на друга на расстоянии. Больше для создания силового, или физического, поля вначале ничего не требовалось.

Такой способ передачи воздействия одного тела на другое получил название дальнодействия.

Была и другая система взглядов на те же самые процессы. Основоположником их был Декарт. Он считал, что все мировое пространство заполнено некоторой промежуточной средой — эфиром. А силы взаимодействия передаются частицами эфира друг другу или упругим наяжением эфира. Эта точка зрения была названа концепцией близкодействия. И в ней носителями энергии были уже не только сами взаимодействующие тела, но и окружающий их эфир.

Физические поля связывали частицы вещества друг с другом, передавали действие одних частиц на другие с определенной конечной скоростью.

В классической физике свойства полей считались прямо противоположными свойствам вещества.

Кроме массы вещественные тела характеризовались ограниченными размерами. Характеризовались формой. Они могли двигаться с различной скоростью по определенному пути — траектории. У каждой свободной частицы — точки в пространстве — всегда были три степени свободы: она могла двигаться вперед-назад, вверх-вниз, вправо-влево. У твердого тела, составленного из множества частиц-точек, к трем перечисленным степеням свободы прибавлялись еще три — повороты вокруг соответствующих осей координат.

Физические поля не имели ни массы, ни четко очерченных границ, ни формы. Они были непрерывно распределены в пространстве и распространялись в разные стороны.

Должно было пройти немало лет, чтобы ученые пришли к выводу о том, насколько такое противопоставление, насколько деление материи на вещество и поле является относительным. Но об этом дальше... А пока посмотрим, чем занималась физика.

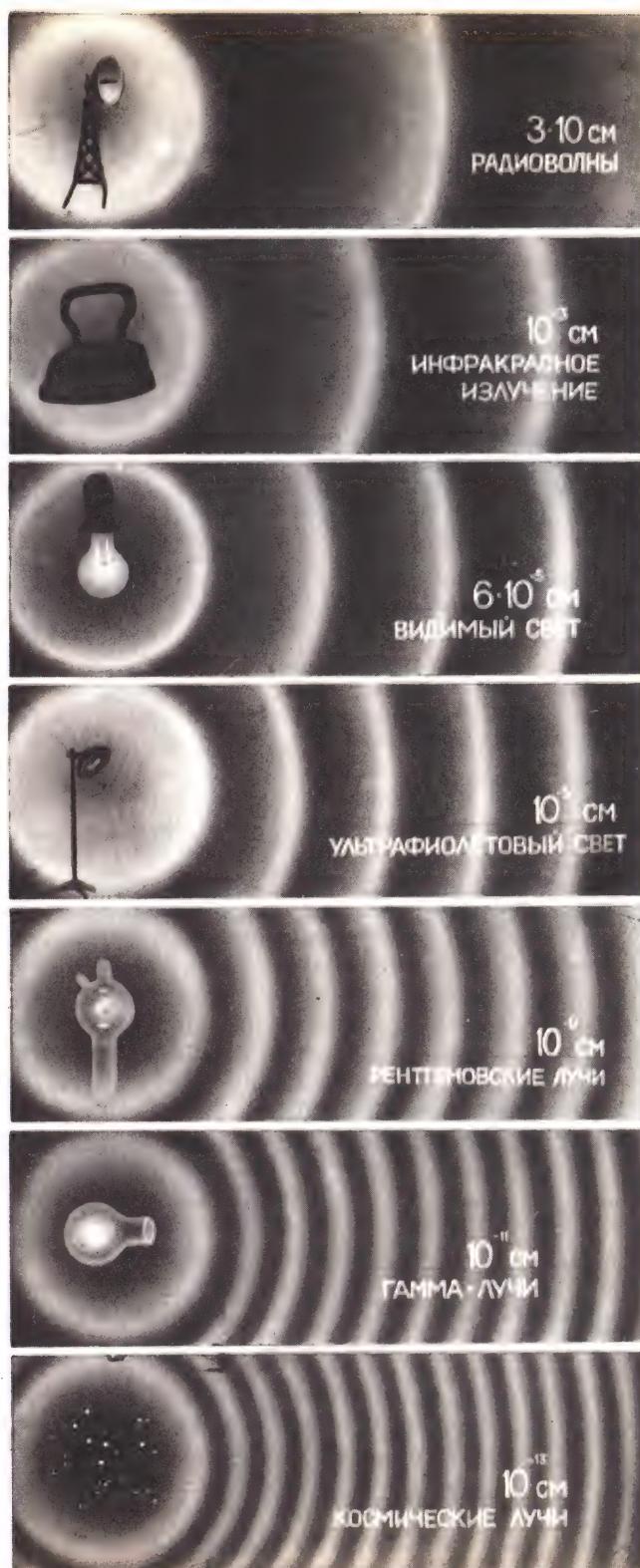
Прежде всего раздел механики — науки о механическом движении макроскопических материальных тел и о происходящих при этом между ними взаимодействиях. В классической механике движение было неторопливым, со скоростями значительно меньшими, чем скорость света. В основе классической механики лежали законы Ньютона. И принималась концепция дальнодействия и пустого пространства.

Иначе обстояло дело в оптике, являющейся учением о свете и взаимодействии его с веществом.

Сначала физики никак не могли договориться, что такое свет и какова его природа. Если начать со времени Ньютона, то мы сразу же сталкиваемся с двумя противоположными точками зрения. Сам сэр Исаак предпочитал считать свет состоящим из мельчайших частицек-



Свет — волны!



Диапазон  
электромагнитных  
волн

корпускул вещества. Любое светящееся тело испускает их во всех направлениях. Они летят по прямым линиям, или лучам, и если попадают нам в глаз, то мы видим их источник.

Примерно в то же время голландский физик и астроном Христиан Гюйгенс (1629—1695) предложил считать свет волной. Световые волны, по его мнению, распространялись от источника в разные стороны подобно тому, как распространяются волны на поверхности воды от брошенного камня. Точно так же, как корпускулы Ньютона, световые волны от источника, попадая нам в глаз, создают эффект видения.

Ньютон возражал: если бы свет был волной, он должен был бы, подобно звуку (звуковой волне), огибать препятствия, поставленные на пути. Однако опыт показывает другое.

Гюйгенс оправдывался: огибания не будет, пока препятствие на пути световых волн имеет большие размеры. Взглядите на озеро в бурю, когда волны имеют большую длину. Они и не замечают таких маленьких препятствий, как прогулочный ялик, и огибают их. В то же время для коротких волн в спокойную погоду тот же ялик — непреодолимое препятствие.

Ньютон снова возражал: но для того чтобы существовали волны, нужна какая-то среда, в которой они могли бы распространяться. Законы же механики, выведенные для небесных тел, утверждают, что пространство пусто. Корпускулам пустота не помеха. А волнам? Ведь известно, что в пустоте звук не распространяется. В чем же, в какой среде распространяются световые волны на пути от Солнца к Земле? ..

И тогда Гюйгенс вспомнил о древней гипотезе эфира — тонкого, сверхтонкого вещества, заполняющего все пространство и проникающего во все материальные тела. Вспомнил и заявил, что свет распространяется в эфире.

«Что такое эфир? — мог спросить себя Ньютон. — Почему его нельзя ни увидеть, ни почувствовать? Почему он не мешает двигаться планетам в мировом пространстве?»

На этот вопрос Гюйгенс не мог ответить. Он не знал, что такое эфир. Он мог в него только верить.

Но ученые мало что принимают на веру. И это было одной из причин непопулярности идеи Гюйгенса. С другой стороны, и авторитет Ньютона был слишком высоким.

Так случилось, что в этом споре победила точка зрения Ньютона.

Но чтобы окончательно решить, за кем осталось последнее слово, предстояло с помощью убедительных опытов ответить на несколько вопросов. Прежде всего: существует ли эфир? Затем: распространяется свет только прямолинейно или может огибать поставленные на пути препятствия? И наконец: обладает ли



Х. Гюйгенс — физик и астроном, предложивший считать свет волнами.

свет массой и количеством движения, как то полагается иметь частицам-корпускулам? Были, конечно, и другие вопросы, на которые следовало ответить. Но те, что перечислены выше, были, пожалуй, среди главнейших.

**О ЧЕЛОВЕКЕ,  
ОДАРЕННОМ  
СПОСОБНОСТЬЮ  
УДИВЛЯТЬСЯ КСТАТИ,  
А ТАКЖЕ О ТОМ,  
КАК ЛЮДИ ПЕРЕШЛИ  
ОТ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ  
О ЧАСТИЦАХ-  
КОРПУСКУЛАХ  
К ВОЛНАМ СВЕТА**

Такой характеристикой снабдил известный французский физик Франсуа Араго своего английского коллегу Томаса Юнга (1773—1829). В книге «Биографии знаменитых астрономов, физиков и геометров» Араго пишет о Юнге: «... он сделался истинно живою энциклопедией: Юнг был глубокий геометр, физик, астроном, медик, толкователь иероглифов, ученый знаток живописи, музыкант, танцор и искуснейший вольтижер». Это перечисление само по себе достойно того, чтобы читатель, заинтересовавшись, нашел и прочитал биографию человека, выбравшего себе правилом жизни девиз: «Каждый может делать то, что делают другие» — и всей своей жизнью доказавшего справедливость этого утверждения.

Поводом к одному из открытий Юнга в оптике явились мыльные пузыри. Детская игрушка? Да! Но именно здесь нужно было обладать способностью удивляться кстати.

Почему тонкие стенки мыльных пузырей переливаются всеми цветами радуги? Этот вопрос занимал уже Бойля, составившего описание тех обстоятельств, при которых мыльные пузыри расцветают всеми цветами радуги.

Его помощник по части постановки опытов Роберт Гук приписал причину возникновения окраски взаимному наложению волн, отражающихся от двух поверхностей тонкой пластинки. Это было гениальным предположением. Но, к сожалению, оно не было развито. Да и взгляд на свет как на поток волн был на родине и во времена Ньютона крайне непопулярен. Лишь Гук, постоянно враждовавший с Ньютоном, мог позволить себе придерживаться точки зрения Гюйгенса, хотя бы в силу противоречия.

Цветами тонких пленок занимался и сам Ньютон, посвятивший этому явлению целую книгу своей «Оптики». Но из-за корпускулярной теории света, лежащей в основе его рассуждений, выводы оказались неудовлетворительными.

Юнг обнаружил, что два луча света, попадая в одну и ту же точку после прохождения пути разной длины, могут ослабить и даже потушить друг друга. Но это явление можно было объяснить только в том случае, если считать свет волной...

Посмотрите на рисунок. Мы показали на нем схему прохождения лучей через тонкую стенку мыльного пузыря. Отраженный от внутренней стенки луч-волна попадает своей впадиной туда, куда прямой луч приходит горбом. В результате впадина и горб взаимно уничтожаются...

Поскольку белый свет состоит из смеси цветных лучей, каждый из которых должен иметь свою длину волны, то в зависимости от толщины стенки мыльного пузыря одни лучи гасятся или ослабляются, а другие, наоборот, усиливаются. И мы видим переливающиеся радужные пятна и полоски.

Явление наложения двух лучей света друг на друга и их соответствующее усиление или ослабление было названо Юнгом интерференцией.

Впрочем, замечательное открытие принесло автору немало горя. Поклонники Ньютона не могли простить дерзости человеку, выступившему с опровержением взглядов своего кумира. Завязалась длинная полемика, жестоко оскорблявшая Юнга.

В результате всех споров решительная победа корпускулярной теории казалась совсем близкой. Оставалось объяснить совсем немного явлений, которые трудно было понять, если представлять себе свет в виде потока материальных частиц.

Одним из таких явлений была дифракция<sup>1</sup>, то есть некоторое огибание лучами света стоящего перед ними препятствия. Это уже давно заметили наблюдатели по образованию полутеней.

В 1815 году во французскую Академию пришло письмо с изложением объяснения явления дифракции, но не с позиций корпускулярной теории, а с позиций волн. Затем последовало несколько дополнений к представленному мемуару.

В конце концов академики оказались перед необходимостью рассматривать полную работу о дифракции, подписанную неизвестным инженером в отставке Огюстом Френелем (1788—1827).

Разбор работы был поручен Араго и Пуансо — двум известным французским физикам. Араго сразу же обратил внимание на сходство мыслей автора французской работы с работами англичанина Юнга. Но Френель шел дальше Юнга, развивал теорию глубже, и в его работе картина явления выглядела значительно полнее.

Но и во французской Академии сторонников корпускулярной теории оказалось больше. И работа Френеля



Схема прохождения лучей через стенку мыльного пузыря.

<sup>1</sup> Вообще дифракцией называются любые отклонения движения волн от законов геометрической оптики — например, огибание лучами света краев предметов. Вы, наверное, не раз видели луну, окруженную светлым кольцом? Такой венец — тоже результат дифракции и интерференции (наложения волн друг на друга). Лунный свет проходит через атмосферу, содержащую множество кристалликов льда или капелек воды, и отклоняется от своего первоначального направления.

подверглась жестокой критике. Правда, математический аппарат самозванного оптика безукоризнен, но... Один из академиков — известный всем отличный математик Пуассон, с пристрастием проверявший присланный мемуар, обнаружил вдруг в выводах Френеля вопиющую нелепость.

Если верить Френелю, то стоит в потоке света поместить небольшую круглую мишень, как при некоторых условиях лучи света ее обогнут и в центре тени за нею

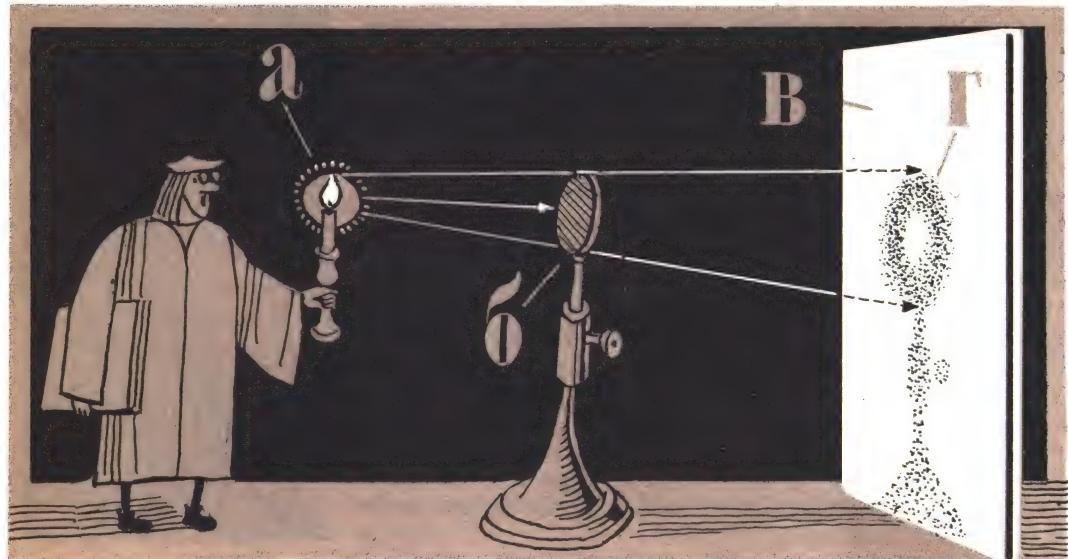


Схема опыта Араго

- а. Источник света
- б. Экран
- в. Плоскость
- г. Тень со светлым пятном

зажгут световой зайчик... Но это же невозможно! И Пуассон спешит поделиться своим возмущением с коллегами. Все ему сочувствуют. Все рады. Все бранят малограммового инженера, вдумавшего опровергать гипотезу самого Ньютона!

А через несколько дней другой академик — Араго, поставив опыт, обнаружил, что неизвестный инженер Френель был прав!.. За круглой маленькой мишенью в потоке света тень кажется продырявленной светлым пятном...

Опыт был настолько убедительным, что окончательно подрывал корпускулярную теорию.

В 1816 году, находясь в Англии, Араго завел разговор об открытии Френеля с Юнгом. Не говоря ни слова, супруга английского физика принесла толстый том сочинений своего мужа, изданных девять лет назад, и там на 787 странице показала описание и рисунок френелевского опыта, еще тогда обдуманного и изложенного Томасом Юнгом.

Победа волновой теории потребовала среды, в которой могли бы распространяться световые волны. По общему мнению, ею был эфир. Но что он собой представлял?..

Третий раздел физики, мимо которого мы не можем пройти равнодушно, касается электричества. В 1600 году придворный врач английской королевы Уильям Гильберт придумал этот термин, произведя его от греческого названия янтаря — «электрон». Еще древним грекам было известно, что если потереть янтарь, то он начинает притягивать к себе мелкие предметы. С тех пор содержание термина «электричество» много раз видоизменялось и пополнялось, пока не стало обозначать всю совокупность чрезвычайно разнообразных явлений, связанных с существованием, движением и взаимодействием электрических зарядов.

К середине XIX века исследователи накопили уже немало сведений о таинственной электрической силе. Во-первых, было несколько ее сортов, различавшихся по способу получения: обыкновенное электричество, которое получали прежде всего трением; атмосферное электричество; гальваническое, получавшееся с помощью гальванических батарей; животное, магнитное и прочее, и прочее...

Правда, тут были еще, по-видимому, неисчерпанные возможности. В 1820 году датский физик Христиан Эрстед обнаружил, что протекающий по проводнику электрический ток (гальваническое электричество) поворачивает магнитную стрелку так, что она стремится стать перпендикулярно к проволоке. Интересное наблюдение, оно намекало на какую-то связь между электричеством и магнетизмом.

Это было тем более интересно, что Эрстед находился под сильным влиянием учения немецкого философа Шеллинга, утверждавшего, что все природные силы имеют единую основу. Это единство природных сил носило у Шеллинга характер довольно умозрительный, туманный и откровенно идеалистический, не связанный с формами движения материи. Но сама по себе мысль была безусловно плодотворной...

Загадка связи электричества с магнетизмом заинтересовала многих ученых того времени. Но особенное впечатление она произвела на тридцатилетнего английского химика Майкла Фарадея. Впрочем, вряд ли стоит называть так определенно область его интересов. Фарадей начал с химии, обучаясь у знаменитого сэра Гемфри Дэви. Но затем стал обнаруживать все большую и большую склонность к физике.

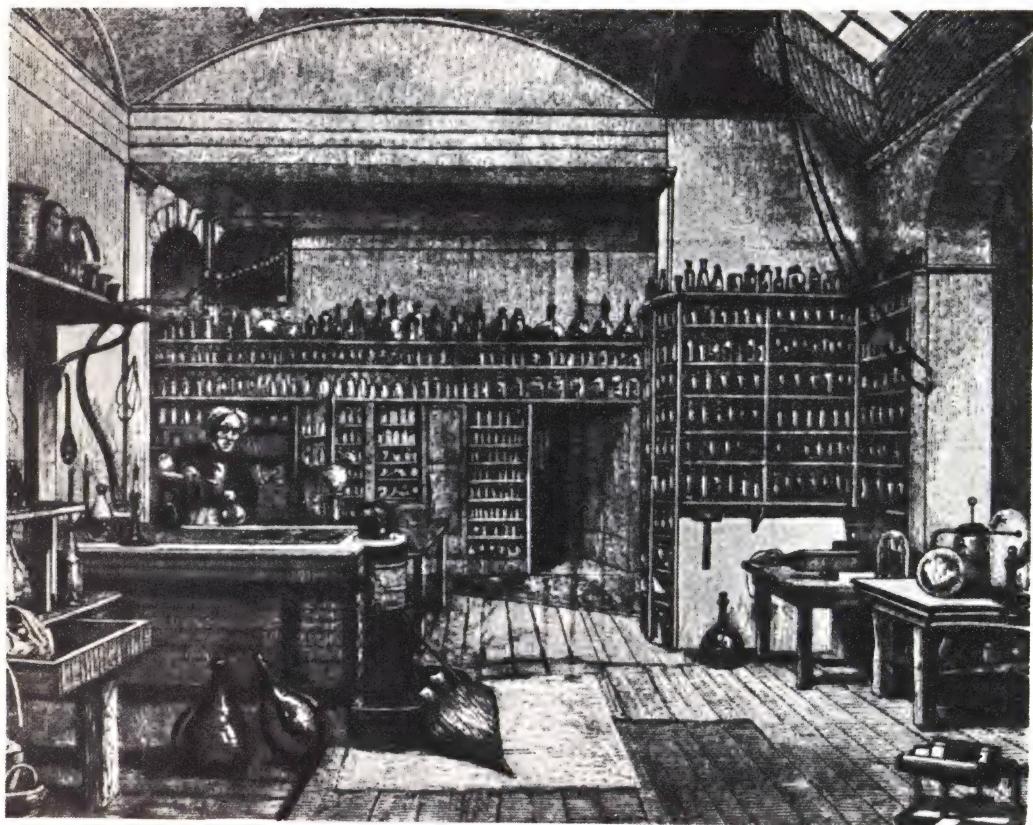
Загадка опытов Эрстеда полностью захватила его. И в 1821 году он записывает в своем дневнике: «превратить магнетизм в электричество».

Десять лет жизни посвятил Фарадей решению этой задачи. И добился своего. В 1831 году он пришел к выводу, что «электрическая волна возникает только при приближении (при движении. — А. Т.) магнита, а не в силу свойств, присущих ему в покое». Несколько

## ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ — МОЖНО ЛИ СОЕДИНИТЬ НЕСОЕДИНИМОЕ?

днями спустя после этой записи он установил между полюсами магнита вращающийся медный диск, с которого при помощи контактов можно было снимать электрическое напряжение. Это был первый в мире генератор электрического тока, созданный человеком.

Фарадей сравнивал в своих опытах действие разных «сортов» электричества и пришел к мысли, что все они



М. Фарадей  
в своей лаборатории  
в Королевском институте  
в Лондоне.

представляют собой одно и то же и различаются лишь по количеству электричества и по величине потенциала (напряжения).

Это был очень важный вывод, который лег в основу дальнейшего развития теории электричества.

Вторая руководящая идея Фарадея касалась среды, в которой находятся наэлектризованные или намагниченные тела.

Насыпьте железных опилок на бумагу и поднесите снизу магнит. Тотчас же опилки выстроются между полюсами, образовав в пространстве рисунок четких силовых линий. А теперь второй опыт: насыпьте мелкие продолговатые кристаллики хорошего диэлектрика (например, хинина) в какую-нибудь вязкую жидкость. Чтобы опыт шел по классическим канонам, возьмите для этой цели касторовое масло. Тщательно взболтайте и помести-

те между обкладками заряженного конденсатора. И снова кристаллики выстроются друг за другом от одной обкладки к другой, демонстрируя силовые линии, определяя направление и величину сил.

Фарадей назвал среду, через которую передается воздействие электрических сил, «полем», пронизанным магнитными и электрическими «силовыми линиями».

Но такое представление противоречило концепции дальнодействия, которая была принята тогда в теории электричества. Дело в том, что законы взаимодействия зарядов слишком напоминали законы Ньютона. Его точка зрения была автоматически перенесена и на область электричества и дала превосходные результаты.

Фарадей же принял концепцию близкодействия. Дальше ему понадобилась материальная среда, заполняющая любое пространство, через которое передается действие электрических и магнитных сил. Передается от точки к точке, шаг за шагом...

Такой средой, в которой могло быть создано поле электрических сил, мог быть только эфир. Вы спросите: «Опять эфир?» Конечно, это будет уже не тот «оптический эфир», который понадобился после открытий Юнга и Френеля, а новый, «электрический эфир».

У Фарадея не было академического образования, и он почти не был знаком с математикой. Это была одна из причин, по которой многие ученые не доверяли ни его интуиции, ни его логическим построениям.

Сам Фарадей никогда не прижал роли математики. Когда ему исполнилось шестьдесят лет, он писал молодому двадцатипятилетнему бакалавру Тринити-колледжа Джемсу Клерку Максвеллу (1831—1879), имеющему блестящую математическую подготовку: «Математики могли бы сослужить нам хорошую службу, представляя свои результаты не только в удобной форме, но и в более популярном виде».

Максвелл внимательно изучал «Экспериментальные исследования по электричеству», принадлежащие перу Фарадея. Он безоговорочно принял фараидевскую концепцию «поля» и «силовых линий». «Не следует смотреть на эти линии, — писал он, — как на чисто математические абстракции. Это направления, в которых среда испытывает натяжение, подобное натяжению веревки или, лучше сказать, подобно натяжению собственных наших мускулов».

Целый год напряженной работы по невероятному распорядку, составленному Максвеллом самим для себя, привел в конце концов его к результатам.

---

РАССКАЗЫВАЮТ, что Джемс Максвелл, подготавливаясь к профессорскому званию, вставал в семь утра. Рабочий день его продолжался до пяти часов пополудни. После чего он ложился спать. Просыпался в десять и снова сидился за работу до двух часов ночи.

Ровно в два он вставал из-за стола, до половины третьего занимался гимнастикой и бегал по коридорам преподавательского общежития, вызывая проклятия коллег. Затем снова ложился спать, чтобы в семь часов начать новый рабочий день.

---



Д. Максвелл — создатель теории электромагнитного поля.

Максвелл составил четыре строчки уравнений, описывавших все, что было известно об электромагнитных процессах. Уравнения получились простыми, строгими и изящными. Более того, они таили в себе неожиданности даже для самого Максвелла.

Так, в них, например, входила некоторая постоянная величина, которую следовало определить. Вы же знаете, что в некоторые формулы входят такие постоянные, как «пи» или ускорение падающего тела. А что же собой представляла постоянная, входящая в его уравнения? Максвелл определил ее величину. И оказалось, что она равна 300 000 километров в секунду. Но ведь это не что иное, как скорость света? Получалось, что свет имел общую природу с электрическими и магнитными явлениями... При этом волны света, как электромагнитные колебания, должны были носить характер не продольный, а поперечный, а энергия магнитного поля переходила в энергию электрического и наоборот.

Не сразу новая теория получила признание. Но получила. Корпускулярная теория света была окончательно оставлена. Электричество и свет, породившись, дружно излучали в мир свои электромагнитные волны, которые распространялись в эфире.

Итак, видимый свет, ультрафиолетовый и инфракрасный, а также электромагнитные волны имеют одну и ту же природу. Какую?..

Максвелл предполагал, что вызывает их некая колеблющаяся электрическая частица. Как камертон вызывает колебания окружающего воздуха и создает звук, так и электрическая частица вызывает возмущения в эфире... .

Что собой представляла загадочная частица, никто не знал. Что собой представлял эфир, никто не знал тоже.

## САМОЕ КАПРИЗНОЕ ДИТИЯ НАУКИ

Вы не догадались, что это? Конечно, эфир! Универсальная сплошная среда, заполняющая все мировое пространство. Эфир должен был заполнять пустоту междузвездных пространств, проникать в промежутки между телами, между молекулами, составляющими эти тела, и даже между атомами, из которых складывались молекулы. Он был вездесущ и... необнаружим.

Эфир нужен был механикам для объяснения всемирного тяготения тел. Нужен был оптикам для того, чтобы световым волнам было в чем распространяться. Нужен был позарез электрикам, чтобы объяснить взаимодействие электрически заряженных и намагниченных тел.

Все поля — тяготения, световые и электромагнитные — рассматривались как особые механические движения, натяжения и напряжения в эфире. Но что собой представлял сам эфир?..

Сначала пробовали представить его в виде некоторой специальной жидкости, в которой распространялись всевозможные волны.

Не получилось. Световые волны не желали подчиняться законам, выведенным для волн на поверхности воды. Не удавалось уподобить их и звуковым волнам, распространяющимся в воздухе.

Больше всего характер распространения света походил на то, как передается возмущение в железном ломе, если стукнуть молотком по одному из его концов.

Но не станем же мы считать, что мир залит твердым веществом. Как тогда объяснить движения планет, которые никак «не чувствовали» помех?

Конец XIX и начало XX века ознаменовались бесчисленным количеством моделей эфира, которые придумывали ученые: из отдельных шариков, из сцепленных друг с другом шестеренок, из...

Бог с ними. В конце концов все решили, что проще примириться с противоречивыми свойствами, чем биться в поисках аналогий и подходящих моделей. Впрочем...

Была еще одна проблема, которую следовало решить, прежде чем окончательно махнуть на эфир рукой. Заключалась она в вопросе: как обстоят дела при движении Земли сквозь эфир? Остается он неподвижным или увлекается вслед за планетой, как пыльный хвост за мчащимся грузовиком?

Если эфир неподвижен, то с поверхности летящей Земли можно попытаться уловить «эфирный ветер». Помочь в этом мог свет. Стоило только измерить его скорость по ходу движения Земли и против. Разница покажет существование неподвижного эфира.

Этот опыт со всей тщательностью поставил американский физик Альберт Майкельсон (1852—1931). И потерпел полнейшую неудачу! Никакой разницы в скоростях лучей света по ходу и против вращения Земли он не обнаружил. Свет будто и не замечал, что летел в разных условиях. Будто «эфирного ветра» не существовало вовсе...

Теоретикам приходилось проявлять немало изобретательности в попытках спасти это капризное детище науки и разработать электромагнитную теорию материи и эфира, удовлетворяющую всем результатам опытов.

Забегая по времени вперед, скажем, что создать непротиворечивую теорию удалось только Альберту Эйнштейну в 1905 году.

Давайте попробуем устроить фантастический субботник и очистим Вселенную Ньютона от галактик и туманностей, от звезд, планет, космического мусора, а также от квазаров, пульсаров и таинственных черных дыр тоже... От всего вещества! Что останется? Пустое пространство — «вместилище всех вещей».

Проделаем такую же работу по отношению ко Вселенной Юнга и Френеля, а затем — Фарадея и Maxwell... Мы получим пространство, заполненное в первом случае



Мы часто ищем сложности вещей, где истина лежит совсем простая.

С. Щипачев

«механическим эфиром», во втором случае — «эфиром электромагнитным». Оба они были неуловимы никаким способом и представлялись субстанциями в высшей степени таинственными.

Однако эфир нужен был не только тем, кто занимался оптикой и электродинамикой. В добродушной механике тот же эфир еще со времен Галилея играл роль всеобщей неподвижной системы координат, в которой разворачивалось все мировое «действие». При этом, согласно принципам относительности того же Галилея, все законы механики для тел, движущихся с любыми скоростями, но равномерно и прямолинейно, — одинаковы!

А эфир как раз и был той системой, относительно которой происходило это равномерное и прямолинейное движение.

Эйнштейн обобщил принцип относительности на все законы. Не только законы механики, но вообще все законы природы одинаковы в любых системах, движущихся равномерно и прямолинейно друг относительно друга. Настолько одинаковы, что, сидя в такой закрытой системе и не глядя в окно, ни за что не определишь, движется твоя система или нет.

При этом скорость света и прочие постоянные в каждой системе тоже не будут зависеть от этого движения...

Стоп, стоп, стоп! А как же эфир? Да, получается так, что он больше не нужен. Не требуется принципу относительности Эйнштейна единая всемирная система координат. Автор новой теории относительности выдвинул предположение, что скорость света есть мировая универсальная постоянная, не зависящая от движения источника света. Она всегда и во всех случаях равна 300 000 километров в секунду, если электромагнитная волна распространяется в вакууме. Это предположение решило проблему — в какой среде распространяются электромагнитные колебания. Да ни в какой с точки зрения заполненности ее веществом в вакууме. Другими словами, в «пустоте».

Вот сколько трудов пришлось положить на то, чтобы догадаться и доказать, что свет есть электромагнитные волны, которым не нужен эфир. Дальше оставалось только изучить и понять эти волны...

## ДИАПАЗОН ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН РАСШИРЯЕТСЯ

Термином «диапазон» можно назвать объем. Например, звуковой объем голоса или музыкального инструмента. Можно назвать размах деятельности диапазоном работ. Можно сказать о человеке, что это личность широкого диапазона. Пожалуй, правильнее всего назвать диапазоном некоторую совокупность однородных вещей, свойств или понятий.

В наше время мы привыкли к выражению «диапазон радиоволн». А ведь сразу после работ Максвелла диапа-

зон электромагнитных волн был невелик. В него входили световые волны видимого света, инфракрасного излучения с более длинной волной и ультрафиолетовый свет с волнами более короткими. Кроме того, Максвелл предсказал, что должны существовать еще электромагнитные волны гораздо более длинные, чем инфракрасные, — радиоволны. Но обнаружить их существование пока никто не мог.

И вот в 1885 году в Политехническую школу города Карлсруэ приехал новый профессор физики Генрих Рудольф Герц, до того заведовавший кафедрой теоретической физики в Киле.

Разбирая оборудование своего нового физического кабинета, профессор Герц обнаружил пару превосходных индукционных катушек, которые могли давать очень быстрые электрические колебания. Раздумывая над тем, как приспособить их для демонстрации студентам опытов по электродинамике, Герц невольно вспомнил о конкурсе, объявленном несколько лет тому назад Берлинской академией. Предлагалось доказать опытным путем связь между явлением поляризации диэлектриков и электродинамическими силами.

Поляризацией диэлектриков называются явления, когда вещества, не проводящие электричество, вдруг приобретают электрически противоположные полюса, оказываются наэлектризованными.

Задача была соблазнительной, но, занятый подготовкой докторской диссертации, Герц не нашел ни свободного времени, ни необходимых приборов. В том числе не было у него и подходящих индукционных катушек. А теперь?..

Теперь у него было и время и катушки. И Герц приступает к серии опытов. Он присоединяет к выводам катушки по куску медной проволоки и на некотором расстоянии от них располагает еще один замкнутый проводник, согнутый в прямоугольный контур.

Когда катушка работала, электрическая сила передавалась из первого проводника во вторичный контур прямо по воздуху. Передавалась как? Конечно, с помощью электромагнитных волн.

Герц ставит один за другим опыты, усложняет их. И каждый дает неожиданные результаты. Да, конечно, он решил задачу академии о влиянии изолятора на электродинамические силы. Но результаты опытов шли гораздо дальше...

Измерив длины генерируемых его прибором электромагнитных волн, он обнаружил, что они метровой длины... Вот они, предсказанные Максвеллом радиоволны!

«Исследованное нами явление, — пишет он в своей статье, посвященной результатам исследования, — мы назвали лучами электрической силы. Пожалуй, их можно было бы назвать световыми лучами с очень большой длиной волны. По крайней мере, мне представляется весьма вероятным, что описанные опыты доказывают

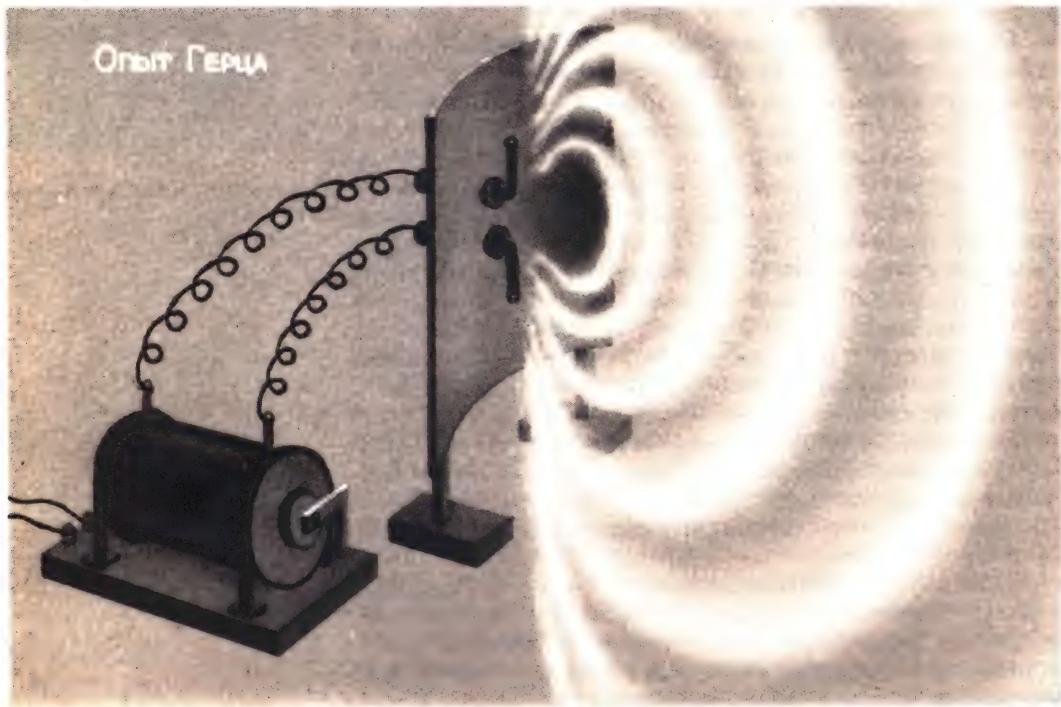


Г. Герц — человек, открывший радиоволны и так и не поверивший в возможность их практического применения.

идентичность света, тепловых лучей и электродинамического волнового движения».

Своими опытами Герц доказал, что «электрические силы могут отделяться от весомых тел и существовать самостоятельно как состояние или изменения пространства».

В 1802 году профессор Медико-хирургической академии в Петербурге Василий Владимирович Петров (1762—1834) построил мощнейшую по тому времени гальваническую батарею. Затем с помощью служителя



лаборатории профессор принялся сооружать странный прибор. На медную тарелку воздушного насоса они поставили стеклянный колпак, через вершину которого проходил медный прут с иголкой на конце. Опустив иголку так, что она едва не касалась тарелки, Василий Владимирович приказал служителю качать насос. Замокали поршни, вытягивая из-под колпака воздух. Тем временем экспериментатор прикрепил один провод от батареи к тарелке насоса, другой — к медному пруту. Ничего не произошло. Ведь электрическая цепь была разомкнута. Но когда воздуха под колпаком осталось совсем немного, от иголки к тарелке потянулся ярко-белый свет и иголка раскалилась.

Василий Владимирович заменил иголку шариком и повторил опыт. Теперь свет возле самого шарика оставался белым, а дальше к тарелке он, вроде бы, розовел и становился сиреневым. Чудеса!..

Это было действительно чудо. Электрический ток не проходил через воздушный промежуток, а когда воздух из-под колпака выкачивали, между электродами возникало свечение и шел ток.

Постепенно открытым и столь непонятным явлением заинтересовались во всем мире. В затемненных лабораториях разных стран бородатые профессора зачарованно следили за тем, как от конца положительного электрода — анода — распространяется бледное сияние и трепещет в разреженном газе, отделенное темным промежутком от другого сияния, которое исходит из отрицательного электрода — катода. Ученые наблюдали и изучали свойства необычного свечения и думали над его природой.

В 1869 году Иоганн Вильгельм Гитторф (1824—1914), химик и физик, профессор академии в Мюнстере, откавав трубку до такой степени, что воздуха в ней осталось совсем немного, заметил, что свечение газа погасло, но начали светиться стенки трубы. Причем светящееся пятно на стекле можно было передвигать, действуя на него магнитом. Не иначе, как из катода били какие-то лучи, которые заставляли стекло трубы фосфоресцировать. Но что эти лучи собой представляли?

Экспериментаторы налетели на лучи Гитторфа. Они выяснили, что странные лучи заставляют светиться не только стекло, но и другие минералы. Особенно ярко сверкали под их воздействием алмазы и рубины.

Скоро накопилось столько экспериментальных данных, что пора было приступить к объяснению природы этих лучей. И в 1878 году на заседании Британской ассоциации в Шеффилде известный английский химик и физик Уильям Крукс сделал доклад под названием «Лучистая материя, или четвертое агрегатное состояние».

Вы, конечно, знаете три агрегатных состояния вещества: твердое, жидкое и газообразное. Разреженный газ Крукс предлагал считать четвертым состоянием, при котором молекулы газа могут существовать только в состоянии быстрого прямолинейного движения.

Ученые с сомнением слушали коллегу Крукса. Некоторые считали, что катодные лучи не что иное, как частички металла, которые отрывались от катода и летели с огромной скоростью к аноду. Но почему тогда они легко отклонялись магнитом, даже если катод был медным, и не обращали внимания на действие электрического поля? ..

Немецкие физики, находившиеся под впечатлением великолепных опытов Герца, предложили гипотезу, что катодные лучи — электромагнитные волны. Но если это волны, то почему они вообще отклонялись под воздействием магнита? Ведь электромагнитные волны электрического заряда не имели и взаимодействовать с магнитом не должны... В общем, тут было много непонятного...



И в малом, в забаве гений способен узреть великое.

## «О НОВОМ РОДЕ ЛУЧЕЙ»



*В. К. Рентген —  
блестящий физик-  
экспериментатор, открывший  
Х-лучи, получившие  
впоследствии его имя.*

Профессор Бюргербургского университета Вильгельм Конрад Рентген (1845—1923) не принимал участия в спорах по поводу природы катодных лучей. Он считал, что для выводов еще не наступило время. И пока исследовал их свойства в своей лаборатории. Катушка Румкорфа для получения высокого напряжения у него была. А в стеклодувной мастерской могли изготовить любые стеклянные баллоны с металлическими электродами-пластинками, впаянными в стекло.

Выбрав подходящий баллон, Рентген принялся за откачку из него воздуха. Потом тщательно запаял горловину, снял со станка... О, он все умел делать сам. Недаром слава лучшего экспериментатора, исключительно дотошного, осторожного и добросовестного исследователя, следовала за ним по пятам из университета в университет, где ему доводилось работать.

Сам, все сам. Своими руками профессор Рентген собирал установку для задуманного опыта. Тщательно, не торопясь. Ему оставалось соединить контакты катушки с выводами подготовленного баллона и включить схему. Тут все было понятно. Затрещит молоточек, прерывающий ток низкого напряжения в толстой первичной обмотке катушки. Возникнет и побежит по тонким виткам вторичной обмотки ток высокого напряжения. Поднимется на катоде и аноде разность потенциалов и... В какой-то момент пробьется промежуток в разреженной атмосфере внутри баллона. Вспыхнет на стеклянной стенке зеленое пятнышко...

Профессор меняет баллоны: один, другой, третий... Все влияет на протекающий ток: и разные формы электродов и степень разрежения газа. Как влияет, почему влияет, где можно усмотреть закономерность?

Один за другим идут опыты. Только тогда, когда при неоднократных повторениях он получит один и тот же результат, Рентген позволит себе сделать какой-то вывод. А может быть, и не позволит... Тогда он продолжит эксперименты.

8 ноября 1895 года в конце рабочего дня Рентген остался в своей лаборатории на улице Пляхер-Ринг один. Физический институт Бюргербургского университета опустел. Ушли ассистенты. Отправился домой даже ворчливый служитель. Но профессору хотелось закончить очередной опыт и занести результаты в лабораторный журнал...

В ноябре на улицах рано темнеет. На здании ратуши пробили часы. Близилась ночь. Пора было и ему заканчивать работу. За день Рентген устал.

Он закрыл установку немудреным чехлом из картона и погасил в лаборатории свет. У самых дверей что-то его остановило. Он задержался на минутку, задумался... Ах, да, герр профессор забыл выключить катушку. За эти дни он так привык к треску молоточка, что практи-

чески не замечал его. Впрочем, до рубильника — один шаг... Но этого-то шага он и не сделал. На столе рядом с работающим прибором мерцало зеленовато-желтое сияние. Что это? Рентген шагнул к столу. Включил свет. На гладкой столешнице лежал забытый кем-то листок бумаги, покрытый слоем платиноцианистого бария.

«Странно, — подумал Рентген, — это вещество светится, когда его облучит солнце. А сейчас ночь...» Он снова погасил свет. Лист бумаги продолжал светиться. В темноте профессор выключил рубильник катушки Румкорфа. Молоточек замолчал. Свечение исчезло... Он включил установку снова, листок засветился...

Теперь профессор Рентген больше не думал о том, что пора домой. Всю ночь до утра провел он в лаборатории. То же повторилось и на следующий день, и еще, и еще. Говорили, что он даже принес сюда походную койку. Рентген ставил между стеклянным баллоном с разреженным газом и листком бумаги со слоем бария-вого соединения различные препятствия: толстую книгу, доску, колоду карт, эbonитовую пластинку, оловянную бумагу... Лучи, казалось, не знали преград. Лишь толстый слой металла ослаблял их настолько, что зелено-вато-желтое свечение меркло.

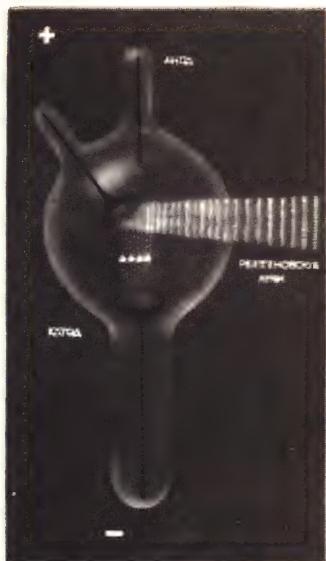
Рентген никому не говорил ни слова о своем открытии. Его мучили сомнения: «А что, если все это только кажется, что, если это какое-то наваждение?» Он берет фотопластинку и кладет на нее руку. Собственную руку. Минута. Аппарат выключен. Пластиинка в кювете с проявителем. И вот на негативе появляется четкое изображение скелета кисти руки с обручальным кольцом на пальце. Потрясающе! Герр профессор вытащил из кармана кошелек и, не раскрывая его, по теням на экране пересчитал имеющиеся там монеты. Это тоже впечатляло. В конце года в «Известиях Бюргбургского физико-медицинского общества» появилась короткая статья «О новом роде лучей», подписанная Рентгеном. А когда подробности попали «на зуб» репортерам, открытие Рентгена стало сенсацией.

«Для икс-лучей нет преград! Значит, стены домов не смогут больше служить убежищем людям и вся частная жизнь семьи станет отныне достоянием гласности...»

«Икс-лучи незаменимы для жуликов! С помощью специальных аппаратов им ничего не стоит заглянуть к вам в карман! Запретить икс-лучи!» — требовали газеты.

Много нелепостей написали репортеры, новые лучи интересовали всех. За один только 1896 год о них напечатано более тысячи статей! В сотнях лабораторий экспериментаторы исследовали их свойства, открывая по пути «свои собственные», новые и каждый раз все более фантастические лучи.

Право, физикам, жившим в конце прошлого столетия и занимавшимся изучением электрических явлений, хло-



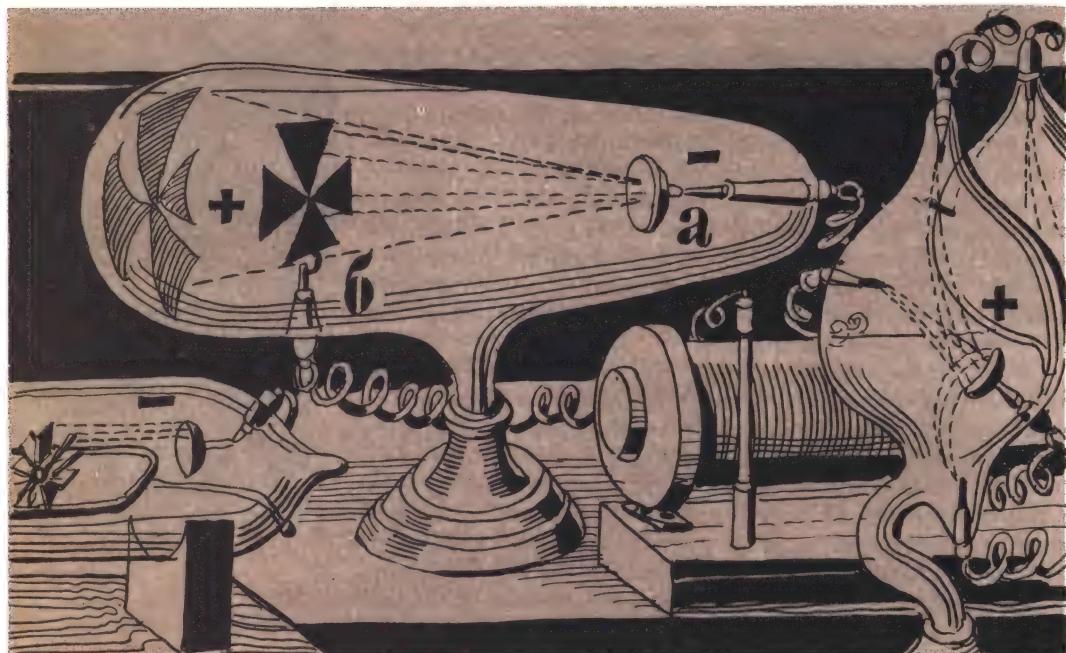
Принцип устройства рентгеновской трубы.



Один из первых рентгеновских снимков.

пот было не занимать. В книге «Диалектика природы» Фридрих Энгельс дает такую наглядную характеристику состоянию современной ему науки: «В химии, особенно благодаря дальтоновскому открытию атомных весов, мы находим порядок, относительную устойчивость однажды достигнутых результатов и систематический, почти планомерный натиск на еще незавоеванные области, сравнимый с правильной осадой какой-нибудь крепости.

В учении же об электричестве мы имеем перед собой хаотическую груду старых, ненадежных экспериментов,



Катодные трубы Крукса.

не получивших ни окончательного подтверждения, ни окончательного опровержения, какое-то неуверенное блуждание во мраке, не связанные друг с другом исследования и опыты многих отдельных ученых, атакующих неизвестную область вразброс, подобно орде кочевых наездников...»

РАССКАЗЫВАЮТ, что Уильям Крукс тоже чуть было не открыл рентгеновское излучение. Случилось это так: в период опытов с катодными лучами он получал фотопластинки от фирмы Ильфорда. И часто, когда он после экспериментов распечатывал новую коробку, пластиинки, полежавшие несколько дней в шкафу рядом с работающей трубкой, оказывались засвеченными.

По отзывам современников, Крукс был очень сдержаным и уравновешенным человеком. Но и он не выдерживал, когда в закупленных партиях все пластиинки оказывались покрытыми серой пылью. В гневе он даже обвинял фирму в недоброкачественности товара...

Сегодня, изучая условия его опытов, мы легко представляем себе, что могло произойти. Электроны, разогнанные в трубке Крукса, при столкновении со стеклянными стенками порождали рентгеновское излучение. Если рядом в это время лежали коробки с пластиинками, то фотослой их вполне мог этими лучами засвечиваться.

Но Крукс не сделал из фактов должного вывода. И потому сам он никогда публично даже не упоминал об этой истории. Так что рассказанный случай остается на совести тех, кто о нем упомянул впервые.

Природа рентгеновских лучей долго оставалась загадкой как для первооткрывателя, так и для его последователей. Поскольку лучи не отклонялись ни в электрическом, ни в магнитном поле, они не могли являться потоком заряженных частиц. Но и волновые свойства, такие, например, как дифракция, тоже не удавалось обнаружить у них.

Высказывалось множество разных гипотез. Сам Рентген склонялся к тому, чтобы считать X-лучи особым видом продольных колебаний в эфире.

Тонкий и искусный, в полном смысле слова блестящий экспериментатор, профессор Рентген обладал довольно консервативным складом мышления.

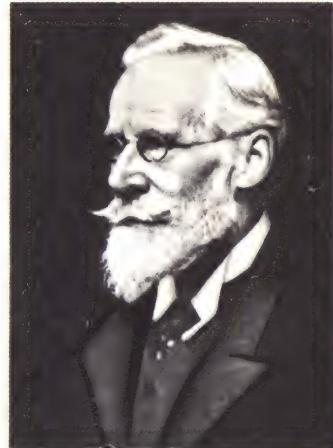
Должно было пройти семнадцать долгих лет, прежде чем немецкий физик Макс Феликс Теодор Лауз (1879—1960) вместе с сотрудниками все-таки увидел дифракцию рентгеновских лучей при прохождении их через кристаллы. Теперь стало окончательно ясно, что это не что иное, как электромагнитное излучение очень коротких волн.

Диапазон электромагнитных колебаний расширился не только в область длинных, но и в сторону очень коротких волн.

А как же катодные лучи?..

Еще до опытов Рентгена немецкий физик Филипп Ленард (1862—1947) поставил интересные опыты. Он изготовил стеклянную трубку с окошечком, закрытым алюминиевой фольгой, и выпустил катодные лучи через это окошко в воздух. Результаты оказались поразительными. Воздух возле окошка светился, а поставив на пути лучей тонкую алюминиевую коробочку, Ленарду удалось получить фотографию предмета, спрятанного внутри. Заметил он и то, что не все лучи отклоняются магнитом...

То, что катодные лучи проходят сквозь металлическую фольгу, не нарушая вакуума внутри трубы (это наблюдал еще Генрих Герц), весьма серьезно говорило



*Б. Крукс — выдающийся ученый химик и физик, который иногда позволял себе чуточку торопиться с выводами.*

**РАССКАЗЫВАЮТ**, что у Филиппа Ленарда был крайне неприятный характер. Он был чрезвычайно заносчив, предельно обидчив и притом иститлен. После опытов Рентгена выяснилось, что лучи, которые Ленард наблюдал выпущенными через алюминиевое окошко, по сути дела были рентгеновскими лучами. И Ленард был первым в мире человеком, не только наблюдавшим их действие, но и получившим первую рентгенограмму — изображение на фотопластинке предмета, спрятанного внутри алюминиевой коробочки.

Увы, он не сумел понять своего открытия и использовал его лишь для подтверждения волновой природы катодных лучей.

После триумфа Рентгена Ленард затянул длительную тяжбу о своем приоритете на это открытие. Но большинство ученых лишь посмеивались над его притязаниями. А восьмидесятилетний английский физик Джордж Габриэль Стокс сказал однажды: «Возможно, что Ленард и имел рентгеновы лучи в своем мозгу, но Рентген первым направил их в кости других людей».

С приходом к власти фашизма в Германии Ленард полностью перешел на службу новому режиму и скоро стал пользоваться грустной славой «арийского физика», заменившего талант чистотой расы, а строгие научные теории — политическими выдумками. История жестоко отплатила этому человеку, некогда известному ученику Генриха Герца, талантливому исследователю и одному из лауреатов Нобелевской премии.

В памяти физиков его имя осталось синонимом недобросовестности, мелкого тщеславия и злобы.



Голая истина  
часто непривлекательна.

за то, что природа их волновая. И Герц был убежден, что это не что иное, как продольные колебания эфира с очень малой длиной волны... К тому же мнению присоединился и Ленард.

Но через два года французский физик Жан Перрен (1870—1942) неопровергимо доказал, что катодные лучи несут на себе отрицательный заряд. А этот факт никак не согласовывался с теорией вибраций. Катодные лучи должны были быть отрицательно заряженными частицами.

Однако чтобы согласиться с таким мнением, предстояло коренным образом пересмотреть атомное строение материи и допустить, что существуют частицы меньше атома. Так споры о природе света, об эфире и всевозможных лучах поставили физиков перед необходимостью заглянуть внутрь атома. В физической науке открывалась новая глава.

## ДИНАСТИЯ БЕККЕРЕЛЕЙ

Славная это традиция, когда сын наследует профессию отца. Славно, когда потом сын его сына идет по тому же пути. Так создаются династии. Впрочем, в наш век тоже самое касается и дочерей. Существует немало прославленных династий ученых. Такое наследование всегда вызывает уважение. Об одной из таких династий пришло время рассказать и в нашей книге.

Первого физика — основателя династии — звали Антуан-Сезар Беккерель (1788—1878). Он окончил Политехническую школу и инженерное училище, потом в чине лейтенанта второго ранга попал в гвардию и отправился воевать в Испанию.

Два с половиной года походов и шесть штурмов подорвали здоровье, и молодой капитан, награжденный орденом Почетного легиона, в двадцать четыре года вышел в отставку.

После недолгих колебаний отставной военный решил посвятить себя науке.

Еще будучи в Венеции с армией Наполеона, Антуан-Сезар был восхищен таинственной фосфоресценцией ласкового Адриатического моря. И с тех пор лелеял мечту раскрыть тайну холодного света. Да все был недосуг. И хотя слыл он человеком характера сурового, не раз восторженно рассказывал сыну о мерцании морских волн. Подрастающий Александр-Эдмон, сын, надежда и гордость этого прямого и малообщительного человека, с ранних лет заинтересовался вопросами физики. Счастье тем, чьи дети оправдывают надежды родителей.

В восемнадцать лет Александр-Эдмон Беккерель (1820—1891) стал работать в лаборатории отца. И через год появилась его первая публикация о результатах исследования спектров солнечного и электрического света.

Вместе с отцом он изучал электричество и фосфоресценцию. Сбылась мечта старого Антуана-Сезара — его сын становился знатоком явлений холодного свечения.

А.-Э. Беккерель уже не просто профессор физики. Он руководитель Парижского национального естественно-исторического музея. В сорок три года — член Парижской академии наук. И как отец — в шестьдесят — ее президент.

В 1868 году на одном из заседаний Парижской академии наук выступил Ньепс де Сен-Виктор с демонстрацией удивительного опыта. Он помещал на фотопластинку, упакованную в кассету, соль урана, обладающую способностью сильно фосфоресцировать после облучения светом. И что же? Пластина оказывалась засвеченной. Почему? Сен-Виктор клялся, что заряжал кассету в полной темноте, что урановый препарат никогда не соприкасался с фотослоем.

Попытки объяснения наблюдаемого явления были просто жалкими. И коллеги пропустили их мимо ушей. О необъяснимом эксперименте забыли все. Впрочем, может быть, не забыл Беккерель.

Александр-Эдмон написал объемистый двухтомный труд «Свет, его причины и действия» и в день семейного торжества, когда отмечалось совершеннолетие сына, названного в честь деда Антуаном-Анри, молча подариł ему свою работу, словно завещая продолжить.

Дед и отец с удовольствием смотрели на третьего Беккереля. Мальчик явно унаследовал от них любовь к физике. По семейной традиции, он заканчивал Политехническую школу. По совету отца молодой Антуан-Анри изучал свечение урановых квасцов — сильно фосфоресцирующего вещества. Опубликовал несколько интересных работ.

В 1889 году Антуана-Анри Беккереля (1852—1908) избрали членом Парижской академии наук. После смерти отца он занял, по традиции, его должность в естественно-историческом музее. А семь лет спустя произошло событие, вписавшее его имя в историю физики.

Однажды, в январе 1896 года, выдающийся французский математик и физик Пуанкаре знакомил своих коллег по академии с результатами нового открытия Рентгена — X-лучами. Они не только проходили через любые преграды и засвечивали фотопластинки, они заставляли светиться фосфоресцирующие вещества. Однако новые лучи не являлись лучами обычного света, потому что они не преломлялись призмами и не отражались от зеркал. Что же они собой представляли? Сам Рентген природу лучей объяснить не мог.

После удачного доклада Пуанкаре и Беккерель задержались в гостиной, обсуждая явления, сопровождающие X-лучи. Оба ученых симпатизировали друг другу. Пуанкаре был убежденным теоретиком, Беккерель — не менее убежденным экспериментатором. Их пути никогда не пересекались в науке.



А. Беккерель —  
первооткрыватель  
радиоактивности.



А. Беккерель  
в своей лаборатории.

— Итак, таинственные лучи вызывают фосфоресценцию, — размышлял Пуанкаре, — а не может ли быть обратного явления? Не излучают ли сами фосфоресцирующие вещества икс-лучей?...

Любопытная мысль переросла в гипотезу. Научный авторитет Пуанкаре был достаточно велик. И проверить опытным путем его предположение с целью подтверждения — задача весьма почетная.

Первый результат появился буквально через несколько дней. В феврале один из ученых, слушавших доклад Пуанкаре, Шарль Анри, представил в Парижскую академию записку с изложением опытов, подтверждавших гипотезу именитого коллеги. Профессор Анри завернул фотопластинку в черную бумагу, положил на нее кусок сернистого цинка, фосфоресцирующего при облучении его светом, и выставил все на солнце.

Если в потоке фосфоресценции имеются X-лучи, они пройдут сквозь бумагу и засветят пластинку. Так оно и случилось! Темные пятна на проявленной фотопластинке явно указывали место, где лежал сернистый цинк.

Затем пришло еще одно сообщение о таких же опытах. Но теперь уже не с сернистым цинком, а с сернистым кальцием. И снова фотопластинка потемнела.

Профессор химии Луи Трост, повторивший опыты своих коллег, ликовал. Ведь их результаты означали, что можно отказаться от стеклянных баллонов, так называемых трубок Крукса, для получения X-лучей. Они содержались в обычных фосфоресцирующих веществах, возбужденных солнцем...

В начале нового 1896 года пришло подтверждение результатов, достигнутых французскими исследователями, из Англии...

А что же мсье Беккерель?...

После разговора с Пуанкаре профессор достал из шкафа несколько кристаллов урановых квасцов, изучением которых он занимался в юности. Аккуратно уложил их на фотопластинку, завернутую в два слоя черной бумаги. И тоже выставил все вместе на солнце. Потом проявил пластинку и отметил, что она слегка потемнела.

Но может быть, фотоматериал был недоброкачественный. Как отличить хорошо известную всем фотографам серую вуаль от следов X-лучей?

И он приходит к мысли подсунуть под кристаллы квасцов какую-нибудь металлическую пластинку, не прозрачную для лучей Рентгена.

Результаты оказались просто великолепными. На негативе он увидел четкий силуэт железки. Значит, прав Пуанкаре! Урановая соль под действием солнечных лучей в потоке фосфоресценции испускает X-лучи. Оставалось только присоединить свой голос к голосам опередивших его коллег и поздравить Пуанкаре с блестящим подтверждением его гипотезы.

Но Антуан-Анри Беккерель был настоящим ученым: осторожным, неторопливым и достаточно педантичным.

И потому, прежде чем возвестить о своих результатах, он предпочел поставить еще серию контрольных опытов.

Увы, на следующий день с раннего утра парижское небо оказалось затянуто тучами. А без солнечного света урановые квасцы не фосфоресцировали. Значит, не могло в них возникнуть и X-лучей. Можно себе представить, с какой досадой смотрел ученый на то, как лаборант убирает снова в шкаф приготовленные фотопластиинки, уже завернутые в светонепроницаемую бумагу, и зеленоватые кристаллы урановой соли.

Оставалось набраться терпения и ждать. Ждать солнца... Наконец 1 марта 1896 года небо над Парижем прояснилось. Беккерель поспешил в лабораторию, открыл шкаф и... Остановился в раздумье. Пластиинки и урановая соль два дня пролежали в шкафу. Будет ли эксперимент достаточно чистым, если сейчас воспользоваться ими? Или лучше взять свежие фотоматериалы?

Где-то в подсознании он не верил в то, что X-лучи так жестко связаны с явлением фосфоресценции, тем самым явлением, которое вот уже третья поколение Беккерелей внимательно изучает со всех сторон.

На всякий случай он решает проявить пластиинки, чтобы убедиться в том, что они свежие и не засвеченные. Но что это? На мокром негативе видны четкие силуэты кристаллов...

Как же так: урановая соль солнцем не облучалась, а X-лучи из нее шли? Да полно, те ли это лучи, что открыл уважаемый герр Рентген?...

Друзья и коллеги отговаривали его от подобных мыслей. Во-первых, Пуанкаре — авторитет, во-вторых, несколько человек подтвердили же, что при облучении солнцем и сернистый цинк и сернистый кальций дают X-лучи...

Беккерель не сдавался. От солей урана он перешел к чистому металлическому урану. И отметил, что эффект испускания лучей усилился.

Вы заметили: «эффект испускания лучей», а не X-лучей. Профессор Беккерель был уже почти полностью уверен, что открыл новый вид излучения, присущий только урану и не зависящий от солнечного света.

А как же опыты с сульфидами цинка и кальция?.. Беккерель отвечал коротко: «Эксперимент был поставлен нечестно». Он открыл новые лучи, которые излучает уран, и потому называет их «урановыми».

Как же отнесся Пуанкаре к другу, похоронившему его гипотезу? Вот вам пример настоящей научной объективности. На заседании Парижской академии наук, когда об открытии Беккереля не было сказано достаточно уважительно, Пуанкаре встал и произнес блестящую речь в защиту своего друга, сказав, что своим открытием Беккерель «добавил новые лучи к славе своей научной династии». Это было хорошо и очень вовремя сказано.

Лучами Беккереля заинтересовались ученые во всем мире. Что они собой представляли?



Гений и злодейство — несовместимы.

Со временем выяснилось, что они проходят через более толстые преграды, чем лучи Рентгена, что их проникающая способность не зависит ни от температуры, ни от освещения. Их интенсивность не менялась со временем. В общем, это были, конечно, другие лучи. Но что они собой представляли, этого никто не знал. Вроде бы, из урана и его соединений вылетали какие-то заряды или заряженные частицы, но откуда они могли браться?

Прежде всего, конечно, следовало поискать, нет ли у природы еще и других элементов, способных к такому же лучеиспусканию. Заняться подобным поиском Беккерель предложил молодому профессору Пьеру Кюри, который частенько заходил к нему в лабораторию. Но особенно предложением мсье Беккереля заинтересовалась жена Кюри — польская студентка, только что окончившая в Париже институт и подыскивавшая себе тему для диссертации.

Вторым вопросом, и, пожалуй, главным, была необходимость понять: откуда берется энергия, вырывающая заряженные частицы новых лучей из атомов элементов?

Открытие самопроизвольного излучения урана стало едва ли не главной сенсацией своего времени. С него началась новая отрасль физики, с него начался решительный штурм физиками химической твердыни атома.

## НОВЫЕ ИСТОЧНИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ

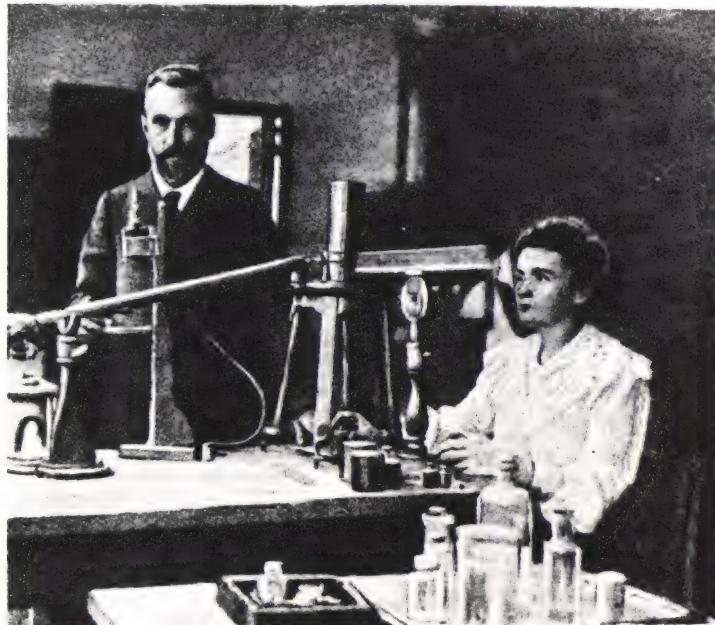
В 1897 году в лабораториях Парижского института физики часто можно было видеть молодую миловидную женщину, с озабоченным видом занимавшуюся разнообразными экспериментами. Это была Мария Склодовская. Впрочем, в описываемое нами время она уже закончила курс обучения, вышла замуж за известного физика Пьера Кюри, работавшего в том же институте, и готовилась писать диссертацию. Темой исследования она выбрала лучи Беккереля. Ее муж, опытный экспериментатор, хорошо знакомый с явлениями в кристаллах, мог существенно помочь в работе с солями урана. Да Пьер и не возражал. Он любил свою молодую жену, и выбранная ею тема не была чужда его научным интересам.

Прежде всего супруги Кюри установили, что интенсивность излучения солей урана зависит только от количества элемента, находящегося в соединении. Значит, это свойство самого элемента урана. А может быть, даже и его атомов...

Затем молодые физики решили измерить сравнительную радиоактивность различных урановых соединений. Для этого следовало сконструировать прибор...

Вот он: два восьмисантиметровых металлических диска, разделенные расстоянием в три сантиметра, батарея на 600 вольт и чувствительный гальванометр. На

нижний диск Пьер положил тоненькую пластинку из металлического урана. Стрелка гальванометра дрогнула, но скоро остановилась.  $«2,3 \cdot 10^{-11} \text{А}»$ , — записала Мария показания прибора. Теперь следовало повторить опыт с другим соединением урана. В лаборатории были образцы урановой руды, присланной из Иоахимстала. Называлась она урановой смолкой, смоляной обманкой



Мария и Пьер Кюри —  
первооткрыватели радия —  
в своей лаборатории.

или настураном. Три разных названия одного и того же минерала, содержащего заветный элемент. Понятно, что и Мария и Пьер ждали от руды меньшего эффекта, чем от чистого урана. Пьер приготовил смесь, нанес ее ровным слоем на нижний диск прибора, и Мария приготовилась записать ток... Но что это? Стрелка гальванометра показывает величину вчетверо большую, чем в предыдущем опыте! Почему?

Супруги Кюри приходят к выводу, что в природном минерале присутствует какое-то вещество, гораздо более радиоактивное, чем уран. Началась гигантская, кропотливая, часто вовсе не научная, а просто физически тяжелая и грязная работа по переработке в лабораторных условиях тысячи килограммов урановой руды.

Скоро выяснилось, что, по-видимому, речь должна идти не об одном излучающем незнакомце, а по меньшей мере о двух...

В июле 1898 года, сделав очень сложный анализ урановой смолки, Мария Склодовская-Кюри выделила продукт, интенсивность излучения которого в четыреста раз превышала радиоактивность урана. Она назвала его полонием в честь своей родины — Польши. Правда, получить чистый полоний супругам Кюри не удалось. И не-

сколько лет его существование оспаривалось различными естествоиспытателями.

Выделение второго радиоактивного элемента оказалось проще.

В конце декабря того же года они сообщили в Академию наук о завершении работы. Опыты позволяли «уверенно говорить, что радиоактивное вещество содержит новый элемент, которому мы желаем дать название «радий», — писали Мария и Пьер Кюри. Радиоактивность нового элемента была примерно в миллион раз сильнее, чем у урана.

Можно смело сказать, что без открытия радия большая часть дальнейших работ по исследованию явления радиоактивности и строения атома была бы просто невозможна. Без него не получил бы наш век названия атомного века.

---

РАССКАЗЫВАЮТ, что однажды Пьеру Кюри для очередного опыта понадобилась новая порция радия. Крупинки радиевой соли, добытые с большим трудом, лежали, запаянны в стеклянные ампулы, в лабораторном шкафу. Вынуть препарат, отбить кончик ампулы — минутное дело. Ученый не раз уже производил эту операцию. Он поднес нож к стеклу, примерился... Но как только лезвие коснулось стекла, раздался слабый треск. От ампулы к ножу проскочила крохотная искорка, а в склянке образовалась трещина и крохотная дырочка.

Наверное, в наше время это явление не привлекло бы к себе внимания. Мы слишком привыкли к тому, что трещат и стреляют искрами брюки и рубашки из синтетической ткани, одеяла и шубы. В воздухе квартир, высушенном паровым отоплением, электризуется бумага и прочие диэлектрики. Но тогда все было иначе. Кроме того, Пьер Кюри был настоящим ученым — человеком, для которого любое необъяснимое явление создавало условия дискомфорта, душевного неудобства. Так продолжалось обычно до тех пор, пока он не понимал сути явления. Однако объяснить, почему за время хранения в ампулах с радиевой солью накопились электрические заряды, Кюри не смог...

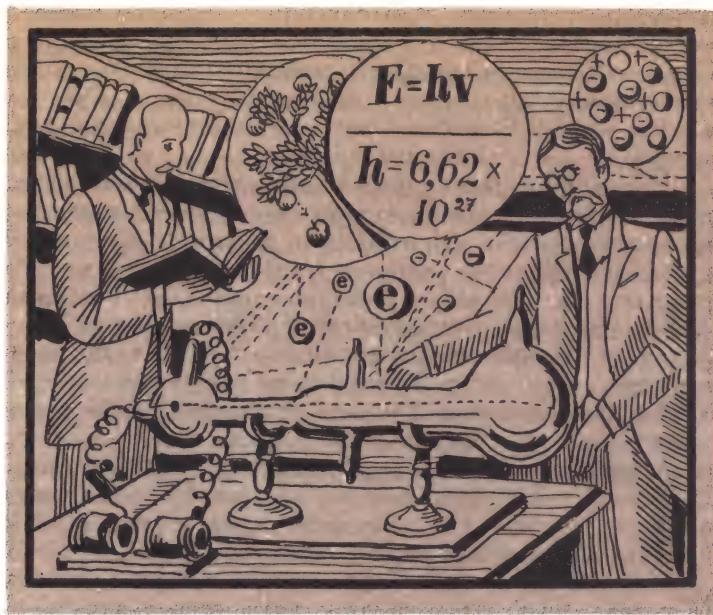
---

Позже, когда свойства лучей, испускаемых радием, были изучены, Мария Кюри писала: «Работы, сделанные в то время нами и некоторыми другими учеными... доказывали, что эти лучи принадлежат к трем различным категориям. Радий испускает поток частиц, обладающих большими скоростями; некоторые из них имеют положительный заряд и образуют альфа-лучи; другие обладают отрицательным зарядом и образуют бета-лучи. Эти две группы при своем полете отклоняются магнитом. Третья группа состоит из гамма-лучей, нечувствительных к действию магнита и, как теперь известно, являющихся излучением, сходным со светом и рентгеновскими лучами».

А обладали радиоактивностью действительно несколько элементов из таблицы Менделеева. Это были старейшина радиоактивного рода уран, затем торий, радий и полоний, открытые супругами Кюри, и еще один элемент — актиний.



Лучи и свет — самое темное место в физике.



## ГЛАВА ШЕСТАЯ

Кавендишская лаборатория Кембриджского университета располагалась в трехэтажном здании, построенном в стиле английской готики. В конце прошлого века его довольно легко было отличить от более старых построек других колледжей. Кавендишская лаборатория была организована всего лишь в 1874 году.

Шестьдесят с лишним лет спустя после смерти Генри Кавендиша (1731—1810), выдающегося ученого, которого еще при жизни называли «Ньютоном современной химии», наследники решили увековечить его память. Они передали оставшееся состояние на создание лаборатории, носящей имя ученого, уже основательно подзабытого соотечественниками. Впрочем, вина в том во многом ложилась на самого Кавендиша...

Генри Кавендиш родился в Ницце в аристократической семье, состоящей в родстве с самыми старинными фамилиями Англии. Еще в детстве он часто наблюдал за опытами отца, который, по моде своего времени, увлекался изучением метеорологии. Генри Кавендиш получил хорошее образование, но, будучи вторым сыном, не унаследовал богатств отца и должен был довольствоваться достаточно скромным состоянием.

С ранних лет он страстно занимался наукой. Нелюдимый по характеру, он замкнулся в своем мире, поражая окружающих чудаковатостью частной жизни. Кавендиш избегал людей. Даже с домашними он предпочитал не встречаться и, чтобы не терять напрасно времени,

**ДЖИ-ДЖИ ТОМСОН —  
ПРОФЕССОР  
КАВЕНДИШСКОЙ  
ЛАБОРАТОРИИ**



Дж. Дж. Томсон — профессор Кавендишской лаборатории.

объяснялся знаками. Он запрещал прислуге показываться ему на глаза и в полном одиночестве работал в своем кабинете и домашней лаборатории. В сорок два года он получил огромное наследство, но не изменил скромного образа жизни, а лишь расширил исследования, требовавшие значительных средств.

Кавендиш сделал целый ряд прекрасных работ, изучая свойства газов: определил природу водорода, подтвердил, что атмосферный воздух представляет смесь кислорода и азота, определил состав воды. За работы по исследованию газов его справедливо называли одним из «отцов пневматической химии». Много занимался он и вопросами электричества. К сожалению, большинство своих работ Кавендиш не публиковал, и они долгие годы пролежали в виде рукописей в библиотеке Кембриджского университета. Лишь через сто лет, изданные Максвеллом, они стали доступны ученым. И тогда оказалось, что многие замечательные открытия недавних лет были в свое время предвосхищены этим удивительным затворником.

Первым директором Кавендишской лаборатории стал Максвелл. Максвелла на этой должности сменил другой ученый — Джон Уильям Стрет, известный в истории науки больше как лорд Рэлей. Его научные интересы были так обширны, а успехи так велики, что уже в тридцать лет он был за них удостоен звания лорда и стал третьим бароном Рэлеем, или Рэйли, если придерживаться английского произношения.

Пробыв пять лет в должности профессора и директора Кавендишской лаборатории, Рэлей подал в отставку. При этом он сам назвал имя человека, которого он хотел бы видеть на своем месте. Это был Джозеф Джон Томсон (1856—1940) — двадцативосьмилетний выпускник Кембриджского университета.

---

РАССКАЗЫВАЮТ, что, когда один из американских физиков, стажировавшихся в Кавендишской лаборатории, узнал об этом назначении, он тут же собрал свои пожитки. «Бессмысленно работать под началом профессора, который всего на два года старше тебя!..» — заявил он, отплывая на родину... Что ж, у него впереди было много времени, чтобы пожалеть о своей поспешности.

---

Томсон был одержим экспериментальной физикой. Одержан в лучшем смысле этого слова. Неутомимый в работе, он настолько привык самостоятельно добиваться поставленной цели, что злые языки поговаривали о его полном пренебрежении к авторитетам. Уверяли, что он предпочитал самостоятельно продумывать любые незнакомые ему вопросы научного характера, вместо того чтобы обратиться к книгам и готовым теориям. Впрочем, как и во всяком анекдоте, тут было явное преувеличение...

Для самого Томсона его назначение было неожиданностью. В те годы в Кембридже было немало хороших физиков, почему же Рэлей указал именно на него?..

Однако для такого выбора у старого директора лаборатории были немалые основания.

Все, кто близко знал Томсона, единодушно отмечали его неизменную благожелательность и приятную манеру общения, сочетавшуюся с принципиальностью. Позже ученики вспоминали, что их руководитель любил повторять слова Максвелла о том, что никогда не следует отговаривать человека поставить задуманный им эксперимент. Даже если он не найдет того, что ищет, он может открыть нечто иное и вынести для себя больше пользы, чем из тысячи дискуссий.

Так уживались в этом человеке столь разные свойства, как самостоятельность собственных суждений и глубокое уважение к мнению ученика, сотрудника или коллеги. И может быть, именно эти качества обеспечили ему успех в должности руководителя «Кавендиша».

На новый пост Томсон пришел, имея опубликованные работы, убеждение в единстве материального мира и множество планов на будущее. И его первые успехи способствовали авторитету Кавендишской лаборатории.

Скоро здесь собралась группа молодых людей, приехавших из самых разных стран. Все они одинаково горели энтузиазмом и готовы были на любые жертвы ради науки. Образовалась школа, настоящий научный коллектив людей, объединенных общностью целей и методов, с мировым авторитетом во главе.

Завершая в конце жизни книгу своих воспоминаний, Томсон перечисляет среди своих бывших докторантов 27 членов Королевского общества, 80 профессоров, успешно работающих в 13 странах. Результат поистине блестящий.

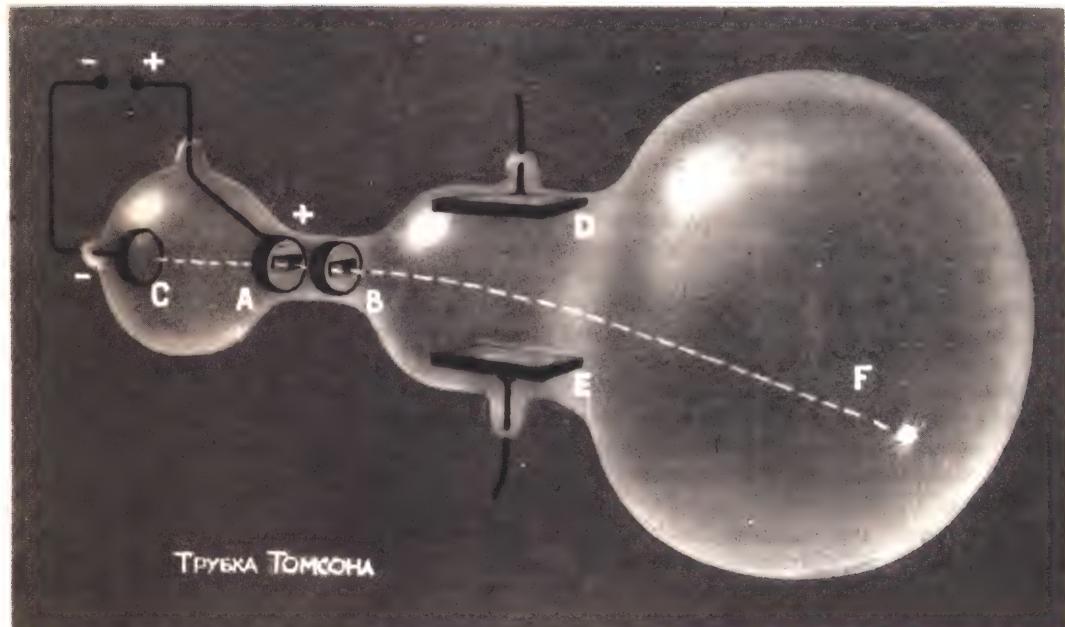
Программа исследований Томсона была широкой: вопросы прохождения электрического тока через газы, электронная теория металлов, исследование природы различного рода лучей...

Взявшись за исследование катодных лучей, Томсон прежде всего решил проверить, достаточно ли тщательно были поставлены опыты его предшественниками, добившимися отклонения лучей электрическими полями. Он задумывает повторный эксперимент, конструирует для него специальную аппаратуру, следит сам за тщательностью исполнения заказа, и ожидаемый результат — налицо. В трубке, сконструированной Томсоном, катодные лучи послушно притягивались к положительно заряженной пластинке и явно отталкивались от отрицательной. То есть вели себя так, как и полагалось потоку быстролетящих крошечных корпускул, заряженных отрицательным электричеством. Превосходный результат! Он мог безусловно положить конец всем спорам о приро-

**АТОМ —  
ЭТО ТАК ЖЕ ПРОСТО,  
КАК ПУДИНГ  
С ИЗЮМОМ**

де катодных лучей. Но Томсон не считал свое исследование законченным. Определив природу лучей качественно, он хотел дать точное количественное определение и составляющим их корпускулам.

Окрыленный первым успехом, он сконструировал новую трубку: катод, ускоряющие электроды в виде колечек и пластиинки, на которые можно было подавать отклоняющее напряжение. На стенку, противоположную катоду, он нанес тонкий слой вещества, способного светиться под ударами налетающих частиц. Получился предок электронно-лучевых трубок, так хорошо знакомых нам в век телевизоров и радиолокаторов.



Цель опыта Томсона заключалась в том, чтобы отклонить пучок корпускул электрическим полем и компенсировать это отклонение полем магнитным. Выводы, к которым он пришел в результате эксперимента, были поразительны. Во-первых, оказалось, что частицы летят в трубке с огромными скоростями, близкими к световым. А во-вторых, электрический заряд, приходившийся на единицу массы корпускул, был фантастически большим. Что же это были за частицы: неизвестные атомы, несущие на себе огромные электрические заряды, или крохотные частицы с ничтожной массой, но зато и с меньшим зарядом?

Далее он обнаружил, что отношение удельного заряда к единице массы (сегодня мы обозначаем это фундаментальное отношение как  $e/m$ ) есть величина постоянная, не зависящая ни от скорости частиц, ни от материала катода, ни от природы газа, в котором происходит разряд. Такая независимость настораживала. Похоже, что

корпускулы были какими-то универсальными частицами вещества, составными частями атомов...

При одной мысли об этом исследователю прошлого века должно было становиться не по себе. Ведь само слово «атом» означало «неделимый». Тысячелетиями, прошедшими со временем Демокрита, атомы являлись символами предела делимости, символами дискретности вещества. И вдруг... Вдруг оказывается, что и у них есть составные части?

Согласитесь, что тут было от чего почувствовать расстерянность. Правда, к ужасу святотатства примешивался в немалой степени и восторг от предвкушения великого открытия...

Томсон принял за расчеты. Прежде всего следовало определить параметры таинственных корпускул, и тогда, может быть, удастся решить, что они собой представляют...

Тонкий почерк ученого покрывает листы бумаги бесконечными цифрами. Его глаза блестят. Вот они, первые результаты расчетов: сомнений нет, неизвестные частицы не что иное, как мельчайшие электрические заряды — неделимые атомы электричества, или электроны. Они были известны теоретически и даже получили название, но только ему удалось открыть и тем самым окончательно подтвердить их существование экспериментально.

И это сделал он — упрямый английский физик-экспериментатор профессор Джозеф Джон Томсон, которого ученики и коллеги за глаза звали просто Джи-Джи.

29 апреля 1897 года в помещении, где уже более двухсот лет происходили заседания Лондонского королевского общества, назначен его доклад. Большинство собравшихся хорошо знакомы с историей вопроса. Многие сами пытались решить проблемы природы катодных лучей. Имя докладчика обещало интересное сообщение.

И вот Томсон на трибуне. Он высокого роста, худощавый, в очках с металлической оправой. Говорит уверенно, громко. Ассистенты докладчика тут же, на глазах у присутствующих, готовят демонстрационный опыт. Действительно, все, о чем говорил высокий джентльмен в очках, имело место. Катодные лучи в трубке послушно отклонялись и притягивались магнитным и электрическим полями. Причем отклонялись и притягивались именно так, как должны были, если предположить, что они состояли из мельчайших отрицательно заряженных частиц...

Слушатели были в восторге. Они не раз прерывали доклад аплодисментами. Финал же превзошел все ожидания. Такого триумфа этот старинный зал, пожалуй, еще не видел. Почтенные члены Королевского общества вскакивали с мест, спешили к демонстрационному столу, толпились, размахивая руками, и кричали...

Восторг присутствующих объяснялся вовсе не тем, что коллега Дж. Дж. Томсон столь убедительно раскрыл



Атом Томсона.

истинную природу катодных лучей. Дело обстояло гораздо серьезнее. Атомы, наипервейшие кирпичики материи, перестали быть элементарными круглыми зернами, непроницаемыми и неделимыми, частицами без всякого внутреннего строения... Если из них могли вылетать отрицательно заряженные корпускулы, значит, и представлять собой атомы должны были какую-то сложную систему. Систему, состоящую из чего-то заряженного положительным электричеством и из отрицательно заряженных корпускул — электронов.

Да, название, некогда предложенное Стонеем для обозначения величины наименьшего электрического заряда — электрон, стало именем неделимого «атома электричества».

Теперь стали видны и дальнейшие самые необходимые направления будущих поисков. Прежде всего, конечно, необходимо было определить точно заряд и массу одного электрона. Это позволило бы уточнить массы атомов всех элементов, рассчитать массы молекул, дать рекомендации к правильному составлению реакций... Да что говорить, знание точного значения заряда электрона было необходимо как воздух. И потому за опыты по его определению тут же взялись многие физики.

Ну, а пока экспериментаторы «колдовали» возле своих приборов, теоретики тоже не сидели без дела. Они задумались: не пора ли попробовать построить и теоретически испытать модель атома по Томсону? Ведь все как будто есть для такой работы: положительные и отрицательные заряды... Надо только подумать, как их расположить друг возле друга, и проверить правильность своих предположений.

---

**РАССКАЗЫВАЮТ**, что однажды журналисты попросили Джи-Джи Томсона пояснить наглядно: каким он предполагает строение «своего атома»?

— О, это очень просто, — невозмутимо ответил профессор, — скорее всего это нечто вроде пудинга с изюмом...

Так и вошел в историю науки атом Томсона — положительно заряженным «пудингом», нафаршированным отрицательными «изюминками» — электронами.

---

## НОВОГОДНЯЯ РЕЧЬ ЛОРДА КЕЛЬВИНА И «УЛЬТРАФИОЛЕТОВАЯ КАТАСТРОФА»

В канун нового 1900 года, когда на улицах Лондона зажигали праздничную иллюминацию из ярких электрических лампочек вместо тусклых масляных плошек, к старинному зданию на Флит-стрит один за другим подкатывали кебы. По широкой, ярко освещенной лестнице в зал поднимались почтенные джентльмены, облаченные в мантии. То съезжались члены Лондонского королевского общества на свое очередное собрание.

Рослый, седовласый, с окладистой бородой сэр Уильям Томсон, восемь лет назад пожалованный из рук королевы Виктории титулом пэра и лорда Кельвина,

а ныне состоящий президентом Общества, начал свою новогоднюю речь. Великий физик XIX века отметил успехи, достигнутые за прошедший век, перечислил заслуги присутствующих...

Собравшиеся одобрительно кивали головами. Что скромничать, они неплохо поработали. И прав сэр Уильям, говоря о том, что грандиозное здание физики построено, что остались лишь мелкие отделочные штрихи. Правда (lord Кельвин на минуту прервал свою речь), правда, на безоблачном небосклоне физики существуют два небольших облачка, две проблемы, не нашедшие пока объяснения с позиций классической науки... Но это явления временные и скоропреходящие.

Покойно устроившись в старинных креслах с высокими спинками, джентльмены улыбались. Все знали, о чем идет речь: во-первых, о результатах опыта Майкельсона, которому так и не удалось определить влияние движения Земли на скорость распространения света. А во-вторых, о непонятных пока расхождениях между теорией и практикой при изучении излучения «черного тела»...

Забегая вперед, скажу, что из этих небольших и безобидных облачков скоро ударили такие молнии, что одна из них привела к созданию специальной теории относительности, а другая — квантовой механики. Но это потом, позже. А пока все с удовольствием слушали признание общих заслуг, не подозревая, что через несколько лет «величественное здание классической физики» окажется всего-навсего одним из павильонов на площадке огромной стройки целого города современной физики.

По окончании собрания высокоученные джентльмены разъехались по домам, чтобы, согласно наказу своего президента, приступить к окончательной отделке величественного здания классической физики. Последний год XIX столетия наступил!

А теперь давайте оставим на время торжественный тон и попробуем подробнее разобраться в сути одного из «темных облачков на сверкающем благополучием небосклоне физики». Речь пойдет об излучении абсолютно черного тела.

Прежде всего: что это такое?

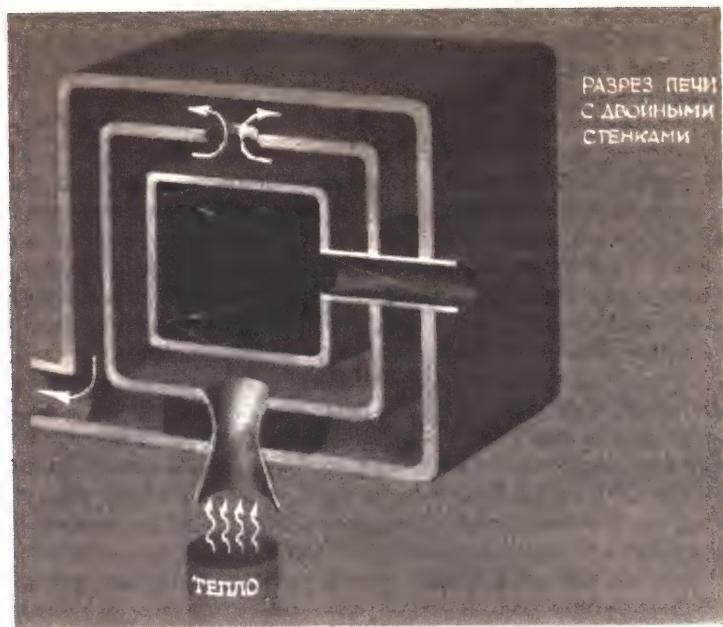
Понятие «абсолютно черное тело» ввел в 1860 году Кирхгоф, как полезную абстракцию при изучении того, каким образом нагретые материальные тела испускают свет или поглощают оный, если их тем светом освещают. Абсолютно черным телом он назвал тело, способное поглотить без отражения весь падающий на него поток излучения, все электромагнитные волны любой длины и частоты. Примером такой поглощающей поверхности могла бы служить, скажем, дырка в стенке печи. Как ни освещай саму стенку, дырка все равно будет черной. Потому что все лучи, попавшие внутрь печки, сто раз отразятся от ее закопченных внутренних стенок и поглотятся прежде, чем им удастся выбраться наружу.

Если же мы нагреем печку и закроем ее, то часть



Существует черта,  
за пределами которой  
исследования имеют значение  
только для любопытства.

Вольтер



теплового излучения будет выходить из нашей дырки. В этом потоке будут присутствовать электромагнитные волны всех длин от коротких, соответствующих ультрафиолетовым лучам, и до длинных — инфракрасных или тепловых.

Измерения показали, что интенсивность коротковолнового излучения очень мала. Потом, с ростом длины волны интенсивность растет, достигает своего максимума и падает... Так говорил опыт. И эти результаты были хорошо известны в XIX столетии.

Но раз уж существуют результаты опыта, то они должны быть объяснены и теоретически. И вот четыре выдающихся физика, два англичанина (Рэлей и Джинс) и два немца (Кирхгоф и Вин), принялись за теорию излучения черного тела с позиций классических представлений. Увы, когда теория была готова, ее результаты оказались совершенно неудовлетворительными. Получалось, что в потоке излучения черного тела самая большая интенсивность должна быть у коротких волн, то есть в ультрафиолетовой области спектра. А по мере возрастания длины электромагнитной волны, интенсивность излучения должна была падать. Это совершенно не соответствовало опытным данным. Но мало того. Если предположить, что теоретические выводы все-таки правильны, а эксперимент поставлен не чисто, то полная энергия излучения печки должна была быть бесконечно большой.

Это уже был абсурд!.. И хотя авторитет ученых, разработавших теорию, сомнению не подлежал, многие специалисты пытались на свой страх и риск внести поправки в их выводы. Одновременно экспериментаторы продолжали все более и более точные измерения спектра



*Единственным критерием, по которому я могу судить о действительной важности новой идеи, является чувство ужаса, которое охватывает меня.*

Дж. Франк

абсолютно черного тела, чтобы хоть как-то ликвидировать угрозу «ультрафиолетовой катастрофы». Да, да, именно катастрофы. Дело в том, что здание классической физики было построено так крепко и имело настолько законченный характер, что несостоительность теории, опирающейся на великие классические принципы, потрясала всю постройку.

19 октября 1900 года на очередном заседании Немецкого физического общества два экспериментатора, Рубенс и Курлбаум, рассказывали о результатах новых, еще более точных измерений спектра черного тела и горько сетовали на то, что ни одна теория по-прежнему не в состоянии объяснить их результаты. Во время состоявшейся дискуссии профессор Макс Планк (1858—1947) предложил коллегам попробовать воспользоваться его формулой...

Генрих Рубенс (1865—1922) глубоко уважал Планка. Более того, между обоими профессорами существовала даже дружба. И потому вместо того, чтобы после затянувшегося заседания дома лечь спокойно в кровать, Рубенс всю ночь просидел за письменным столом, сравнивая свои измерения с результатами Планка. На этот раз практика и теория дали одинаковый результат. Рубенс был поражен, формула его друга описывала спектр черного тела до мельчайших подробностей. С трудом дождавшись утра, Рубенс сообщил Планку о результатах сравнения и от души поздравил его с успехом...

Был ли Планк рад этому? Наверное, да. Хотя он и принял сообщение Рубенса без всякого энтузиазма. Почему?..

Почему два месяца спустя, когда на заседании того же Немецкого физического общества Планк делал доклад, названный им «К теории закона распределения энергии в нормальном спектре», никто не кричал «виват» и не спешил воспользоваться его идеей? Ведь она устраивала «ультрафиолетовую катастрофу», наводила порядок в теории черного тела и ликвидировала расхождение между опытом и теорией!

Да, порядок был наведен, но какой ценой?

Представьте себе, что у вас в руках банка, полная воды. Можете вы отлить из нее половину? Вполне, правда? Труда не составит. А отпить глоток? Тоже не сложно. Выпеснуть капельку? Пожалуйста. Количество воды можно увеличивать и уменьшать в банке на сколь угодно малую величину. И потому вес воды мы можем считать величиной непрерывной.

А теперь представьте, что в руках у вас коробка с детскими кубиками. Каждый кубик весом сто граммов. Можете вы убавить от общего их количества, скажем, три-

**ЧТО ТАКОЕ КВАНТЫ  
И В ЧЕМ  
ЗАКЛЮЧАЛАСЬ  
«СЧАСТЛИВАЯ  
ДОГАДКА»  
МАКСА ПЛАНКА**



М. Планк в своей библиотеке.

дцать семь с половиной граммов? Нет! Кубики ломать нельзя! Вес коробки с кубиками может меняться только на величины, кратные ста граммам. Потому что вес ее — величина не непрерывная, а дискретная. И самое малое количество, на которое он может измениться (100 граммов), можно назвать порцией, или квантом, веса.

Уяснив себе понятие кванта, вернемся к проблеме черного тела. Классическая физика рассматривала процессы излучения и поглощения энергии только как процессы непрерывные. Да и как может быть иначе, если излучение распространяется в виде волн. Всякое же волновое движение есть выражение непрерывного процесса...

А что сделал Планк? Вопреки устоявшимся взглядам родной классической науки, он предложил считать, что испускание лучистой энергии атомами вещества происходит дискретно, то есть квантами. При этом кванты энергии должны быть пропорциональны крошечной универсальной постоянной (позже ее назвали постоянной Планка:  $h = 6, 624 \cdot 10^{-27}$  эрг.сек) и частоте излучения. То есть должны рассчитываться по простой формуле:  $E = h\nu$ .

Таким образом непрерывный поток энергии от нагретого черного тела превращался в «пулеметную очередь» из отдельных порций — квантов энергии. Казалось бы, ничего особенного, ведь квант энергии получался таким маленьkim. Но на самом деле это означало ломку всего превосходно построенного здания классической физики, поскольку вместо основных фундаментальных законов, построенных на принципе непрерывности, Планк предлагал замену его принципом дискретности.

Гипотеза Планка вызвала много возражений. Главным из них было то, что дискретность излучения требовала отказа от классической электромагнитной теории света, для которой непрерывность волновых процессов являлась непременным условием.

И Планк был, в общем-то, согласен с большинством возражений. Воспитанный в классических традициях, он сам искренне страдал от логического несовершенства своей гипотезы. Видел трудности, которые она порождала для понятий классической физики. И искренне надеялся, что она будет носить временный характер.

Однако независимо от надежд на скорую гибель квантовая гипотеза вовсе не собиралась сдавать своих позиций. Наоборот, словно джинн, выпущенный из бутылки, она росла, ширилась и захватывала все новые и новые отрасли физики. Квантовые представления оказались весьма удобными не только для теории теплового излучения. Эйнштейн использовал их для анализа результатов опытов по фотолюминесценции, фотоэффекту, ионизации газов, а позже — удельной теплоемкости и фотохимических процессов... Благодаря такому широкому фронту охватываемых вопросов квантовая теория приобретала глобальный характер. И это с каждым годом понимало все большее число физиков.

Сам Планк вначале еще пытался примирить кванты с классической теорией, пробовал втиснуть в рамки последней свою постоянную  $h$ . И когда это у него не получилось окончательно, стал относиться к своему детищу куда более серьезно. Пройдут годы и он напишет в своей автобиографии: «... квант действия играет фундаментальную роль в атомной физике и с его появлением в физической науке наступила новая эра; ибо в нем заложено нечто до того неслыханное, что призвано радикально преобразить наше физическое мышление, построенное на понятии непрерывности всех причинных связей».

Особенно большое значение в становлении новой теории сыграло объяснение, которое дал Эйнштейн явлению внешнего фотоэффекта.

Макс Карл Людвиг Планк родился в 1855 году в городе Киле, где его отец был профессором юриспруденции.

Макс Планк получил в основном математическое образование. Он учился сначала в Мюнхене, потом в Берлине. Его учителями были такие выдающиеся немецкие ученые, как Гельмгольц и Кирхгоф. Его ранние работы по теории теплоты принесли ему известность, и, не достигнув даже тридцативосьмилетнего возраста, Планк уже руководил кафедрой физики в Берлинском университете.

Он никогда не занимался экспериментальной работой и всю жизнь оставался теоретиком до мозга костей.

Планк всю жизнь интересовался философскими вопросами физики, был убежден в реальности внешнего мира и в могуществе разума. Это существенно отметить, потому что очень важный этап его деятельности протекал в обстановке кризиса в физике. Однако материалистически настроенный Планк твердо противостоял модным позитивистским увлечениям Маха и Остwaldа, о которых мы еще будем говорить. «Он был типичным немцем в лучшем смысле этого слова, — пишет в своей книге Джордж Паджет Томсон, видный физик нашего времени сын Дж. Дж. Томсона. — Честный, педантичный, с чувством собственного достоинства, по-видимому довольно твердый, но в благоприятных условиях способный отбросить всю чопорность и превратиться в обаятельный человека».

Работая одно время в университете вместе с Эйнштейном, Планк был очень дружен с ним. И часто вечерами в импровизированных концертах они выступали вдвоем: Планк играл на фортепиано, Эйнштейн на скрипке.

Макс Планк был спокойным человеком с сильным характером. Он до конца своей жизни оставался предан науке, всегда хорошо относился к людям и никогда не стоял в стороне от общественных дел и событий.

О твердости и принципиальности его характера говорит тот факт, что в годы фашистского режима на одном из официальных приемов Планк бесстрашно осудил преследование властями евреев и просил об освобождении ряда своих знакомых. Взбешенный фюрер выставил его из кабинета.

Некоторое время спустя младший сын Планка вместе с другими патриотами после раскрытия заговора против Гитлера был арестован и казнен фашистами.

Такой осталась память о Максе Планке — честном, немного старомодном для своего бурного времени немецком профессоре, безгранично преданном классической науке, в которую, сам того не желая, он внес самое большое потрясение.

Таким остался Макс Планк в воспоминаниях тех, кто его знал и любил.

Сегодня внешним фотоэффектом (или фотоэлектронной эмиссией) мы называем явление, когда под действием электромагнитного излучения вещество испускает электроны. Приборы, использующие фотоэффект, работают сторожами и контролерами, открывают и закрывают двери, делают кино звуковым. А началось все с того, что еще в 1887 году Генрих Герц, занимаясь опытами с электромагнитными волнами, заметил, что если осве-

**ФОТОЭФФЕКТ  
С ПОЗИЦИЙ  
КВАНТОВОЙ  
ТЕОРИИ**



Г. Герц в период занятий опытами по фотоэффекту.

тить цинковую пластинку ультрафиолетовым светом, то она зарядится электричеством. Это случайно открытое явление получило название фотоэлектрического эффекта. Прошло время. Эффект удалось получить не только в ультрафиолете, но и в лучах видимого света. Физики обнаружили множество его различных проявлений, но не имели надежной теории. Собственно говоря, на первый взгляд ничего там сложного не было. Свет, падающий на свободно блуждающие в металле электроны, сообщал им дополнительную энергию. Получив эту добавку, наиболее энергичные электроны вылетали из металла, который при этом заряжался положительно.

Понятно, что, чем больше была полная энергия световых волн или интенсивность света, тем больше электронов должно покидать металл. Так, казалось, требовала логика.

А что показывал опыт? ..

Давайте попробуем осветить цинковую пластинку красным светом. Сначала слабеньkim-слабеньkim — никакого эффекта. Электроны не вылетают. Давайте по-немногу усиливать поток света. То же самое. Никакой красный свет не поможет нам вырвать электроны из цинковой пластинки. То же самое произойдет и в том случае, если мы станем освещать пластинку видимым светом любой длины волны. И только ультрафиолетовые лучи приводят к желанному эффекту. В ультрафиолетовом диапазоне электроны начинают исправно подчиняться классическому закону: ярче свет, дольше интенсивность излучения, больше и выход электронов из металла. Получалось, что энергию, которую передавал электронам световой поток, определяла в первую очередь не его интенсивность, а частота волн, поскольку у ультрафиолетовых лучей частота волн выше, чем у обычного, видимого света... Вот тут-то и возникало недоумение. В признанной всеми классической волновой теории света никакой связи между частотой и энергией не существовало.

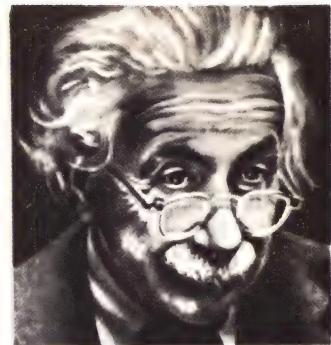
На это противоречие и обратил свое внимание Эйнштейн. Он пренебрег авторитетом волновой теории и предложил считать, что световая энергия передается не непрерывным потоком, а сконцентрирована в отдельные кванты. (Эти кванты, или порции, света мы теперь называем фотонами.)

Вы можете спросить: чем помогло такое предложение объяснению явления фотоэффекта? Подумайте сами: на что стал теперь похож поток света? На град, правильно? Падая на поверхность металла, каждая градина стремится выбить из нее электрон. Но удается это только тем, которые обладают достаточной энергией. Значит, фотоэффект должен зависеть не от интенсивности светового потока вообще, которая определяется количеством фотонов, а от энергии каждого фотона в отдельности.

Теперь, зная зависимость фотоэффекта от частоты падающего света, нужно было найти связь частоты с энергией. А такая связь уже была. Ее нашел Планк:  $E = h\nu$ .

Вторым предположением в теории Эйнштейна было утверждение, что интенсивность световой волны пропорциональна числу фотонов, которые она переносит. Это объясняло то, что количество вылетающих из металла электронов зависит не только от частоты, но и от интенсивности света.

Да, квантовая гипотеза оказывалась гораздо более серьезным и мощным оружием исследования, чем этоказалось в начале ее появления. Пророчески прозвучали слова Эйнштейна, которыми он заключил одну из своих ранних работ, посвященную квантовой теории излучения: «... я считаю, что следующая фаза развития теоретической физики даст нам теорию света, которая будет в каком-то смысле слиянием волновой теории света с теорией истечения». Напомню, что «теория истечения» предполагала квантовое, или корпускулярное, строение светового потока.



А. Эйнштейн — выдающийся ученый нашего времени.

Греческим словом «кризис» обозначают обычно переход, тяжелый переход от одного устойчивого состояния к другому. И оно очень подходит к тому положению, которое сложилось в физике на рубеже нового столетия.

Крушение наглядной и такой привычной механической картины мира и трудности построения новой системы мировоззрения привели к серьезным разногласиям среди ученых. Казалось, что рухнули даже сами основы науки...

Раньше в фундаменте материалистического мировозрения лежало убеждение в реальности атомов — единых и неделимых кирпичей мироздания с неизменной массой. Теперь оказывалось, что атомы вовсе не простые шарики, а сложные системы, состоящие из еще более мелких частиц. Что они вовсе не так постоянны и неделимы и вполне способны превращаться друг в друга.

Последний удар нанесло открытие радиоактивности. На испускание частиц требовалась энергия. А откуда же ее черпал радий?.. Казалось, что зашатался главный принцип материалистического мировоззрения — закон сохранения энергии.

Никто из ученых не мог объяснить на основании существовавших законов новые явления. Возникло даже сомнение: а нужно ли их объяснять?

Идеал науки, утверждал австрийский физик и философ Эрнст Мах (1838—1916), есть описание фактов, а не объяснение их. Ведь мир, который мы видим, ощущаем, на самом деле вовсе не такой, каким нам кажется. Цвет,

## КРИЗИС В ФИЗИКЕ В КОНЦЕ XIX — НАЧАЛЕ XX СТОЛЕТИЯ

а значит, и свет, зависит от свойств зрения человека. Звук — от слуха. Это человек, наблюдая явления природы, придумал законы движения, чтобы легче их было объяснить самому себе. Придумал часы для измерения времени и само время. Придумал пространство... И все его «выдумки» зависят, таким образом, от самого человека, то есть они субъективны. Ученые — те же люди. Договорившись друг с другом принимать некоторые из выведенных правил за всеобщие, создали видимость объективной науки. Хотя на самом деле никакого объективного содержания наука, построенная на чувствах человека, иметь не может.

Вот потому-то и имеет смысл лишь описывать факты, которые мы наблюдаем в окружающей природе, а не стараться их объяснить. Любое объяснение будет заведомо неверным. Оно будет объяснением с позиций объясняющего, то есть опять-таки субъективным...

Мах был весьма известным и уважаемым человеком. В его послужном списке можно увидеть должности и профессора математики в Граце и профессора физики в Праге. Он занимал кафедру философии в Венском университете.

В современной физике с именем Маха связан ряд блестящих открытий в механике, оптике и акустике. И такой человек утверждал, что реального мира не существует. Все, что мы привыкли считать реальностью, окружающей нас, на самом деле не что иное, как комплекс ощущений...

Такое утверждение внесло настоящую смуту в ряды физиков, и без того находившихся в растерянности. Может быть, думали некоторые, в философии Маха — выход из тупика?..

В поисках разрешения назревших противоречий другой видный немецкий химик и философ Фридрих Остwald (1853—1932) пошел по иному пути. Раз уж мы считаем доказанным, что такая основа, как атом, состоит не из плотной и неизменной материи, а из электрических зарядов, то не следует ли всю материю свести к электричеству? Заменить вещество электрической энергией? Пусть энергия считается главной и «единственной субстанцией мира», а материя — формой ее проявления...

Остwald был не менее авторитетным мыслителем своего времени, чем Мах. Он являлся членом-корреспондентом Петербургской Академии наук, лауреатом Нобелевской премии. К его голосу прислушивались.

Развивая свою теорию, он распространял энергетические понятия не только на явления, изучаемые естественными науками, но и на психические и социальные явления, на все виды человеческой деятельности, вплоть до культуры. При этом Остwald смешивал материю с веществом, под энергией часто подразумевал материальное движение и пытался откровенно на идеалистических позициях слить воедино в понятии «энергия» такие философские категории, как материя и дух.



Сомнение доставляет не меньше наслаждения, чем знание.

Это была не только путаная и непоследовательная позиция, которая не могла внести ясности в существующее в науке положение. Это была и опасная позиция...

В такой обстановке особенно важно было дать объективную критику наметившимся идеалистическим философским течениям и показать дальнейший путь развития науки в русле диалектического материализма.

Но кто мог проделать такую гигантскую работу? Для этого надо было осмыслить все современные достижения не только науки, но и развития политических движений, к которым многие философы охотно приспособливали идеалистические выводы Маха и Остwaldа.

Конечно, такую работу мог бы выполнить Энгельс — автор блестящей философской работы «Диалектика природы». Но Энгельса уже не было в живых.

И все-таки такая работа появилась. Появилась в 1908 году в России. Написал ее Владимир Ильич Ульянов-Ленин, озаглавив «Материализм и эмпириокритицизм». В этой работе Ленин не только дал глубокую критику реакционной философии Маха, но он обобщил все самое важное и существенное из того, что накопилось в науке со времени смерти Энгельса, дал точные определения важнейшим философским категориям и развил дальше диалектический и исторический материализм.

Книга Ленина — образец непримиримой философской борьбы за материалистическое мировоззрение. Она — надежное и испытанное оружие марксистских партий всего мира в борьбе с идеализмом.

Ленин учил, что материя — это не просто вещества, состоящее из атомов, молекул. Электроны и свет, электрические и магнитные поля, любые виды излучения — все это материя. «Материя есть то, что, действуя на наши органы чувств, производит ощущение; материя есть объективная реальность, данная нам в ощущениях», — писал Ленин в своей работе.

Критика Лениным реакционной философии Маха и Авенариуса, Остwaldа и их последователей в разных странах расставила все на свои места. Ленин показал, что, как бы ни старались реакционеры, какие бы временные ошибки ни делали ученые, идеализму никогда не удастся свернуть естествознание с материалистического пути. Дело обстоит просто: только материалистическая философия совместима с естествознанием. Но чтобы осознать это, необходимо в полной мере овладеть диалектикой, то есть стать диалектическим материалистом. И если даже естествоиспытатель декларирует свою не-принадлежность ни к какому лагерю, его сознание все равно носит стихийно материалистический характер, потому что, изучая явления природы, ученый имеет дело с объективной реальностью и всегда убежден, хотя бы в душе, в объективной ценности познания, а следовательно, и в общечеловеческой значимости своего труда.

Обилие временных противоречий, накопившихся в физической науке, сбивало с пути тех естествоиспытателей, которые не хотели видеть в них опасность для материалистической науки.

телей, кто не был вооружен истинно научным методом понимания объективной реальности и отражения мира действительно таким, каким он является. Такой метод познания могла дать только марксистско-ленинская диалектика. Вот как характеризует Владимир Ильич Ленин материалистическую диалектику как всестороннее учение о развитии: «Развитие, как бы повторяющее пройденные уже ступени, но повторяющее их иначе, на более высокой базе («отрицание отрицания»), развитие, так сказать, по спирали, а не по прямой линии; — развитие скачкообразное, катастрофическое, революционное; — «перерывы постепенности»; превращение количества в качество; — внутренние импульсы к развитию, даваемые противоречием, столкновением различных сил и тенденций, действующих на данное тело или в пределах данного явления или внутри данного общества; — взаимозависимость и теснейшая, неразрывная связь в сех сторонах каждого явления... связь, дающая единый, закономерный мировой процесс движения, — таковы некоторые черты диалектики, как более содержательного (чем обычное) учения о развитии»<sup>1</sup>.

Ленин беспощадно обрушился на тех ученых, которые, поддавшись Оствальду, твердили, что «материя исчезла». Он писал: «Материя исчезает» — это значит исчезает тот предел, до которого мы знали материю до сих пор, наше знание идет глубже; исчезают такие свойства материи, которые казались раньше абсолютными, неизменными, первоначальными (непроницаемость, инерция, масса и т. п.) и которые теперь обнаруживаются, как относительные, присущие только некоторым состояниям материи. Ибо единственное «свойство» материи, с признанием которого связан философский материализм, есть свойство быть объективной реальностью, существовать вне нашего сознания»<sup>2</sup>.

Читая сегодня эти строки, нельзя не поразиться, как Ленин, не будучи физиком-специалистом, сразу разглядел главный пункт противоречий, раздиравший содружество ученых, растаскивающий их по разным лагерям. Мы стали свидетелями глубокой справедливости вывода Владимира Ильича об относительном характере нашего знания. Выводом, который мог бы быть эпиграфом не только к этой книге, но и ко всей истории науки:

«... Диалектический материализм настаивает на приблизительном, относительном характере всякого научного положения о строении материи и свойствах ее, на отсутствии абсолютных граней в природе, на превращении движущейся материи из одного состояния в другое...»<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Ленин В. И. Карл Маркс (Краткий биографический очерк с изложением марксизма).

<sup>2</sup> Ленин В. И. Материализм и эмпириокритицизм.

<sup>3</sup> Там же.



Факты — это воздух ученого.

И. П. Павлов

Многие были ослеплены «модными» течениями в физике и философии. Многие, но далеко не все. Против взглядов Маха и Оствальда, против всех, кто кричал о «дематериализации атома», выступили виднейшие учёные мира.

Каков же был конфуз эпигонаов идеализма, когда их лидеры Пуанкаре и Оствальд отказались от своих прежних взглядов. Это была настоящая победа материалистической физики.

### ПРИМЕЧАНИЕ № 1,

из которого читатель узнает, каким представляли себе атом физики начала XX века

Перейти от представлений об атоме как о простом и неделимом шарике к сложной системе из положительных и отрицательных зарядов было не легче, чем отказаться от плоской Земли и согласиться с тем, что она — шар. Но даже перед теми, кто от всей души готовы были согласиться с новым представлением, вставали многочисленные трудности. Приспособить «пудинг Томсона» к объяснению известных явлений было очень сложно.

Помните, я рассказывал, как два немецких профессора — физик Кирхгоф и химик Бунзен изобрели спектральный анализ?.. К началу XX столетия этот метод исследования настолько развился, что учёные, пожалуй, и не понимали, как это они обходились без него раньше. Спектральный анализ стал буквально универсальным инструментом исследования. Химикам он помогал заполнять пустующие клетки в периодической таблице элементов Менделеева. Физика... Впрочем, к физикам так просто не перейдешь.

Давайте возьмем небольшой разбег.

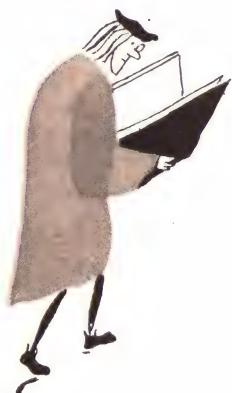
Каждый химический элемент, сожжённый в пламени бунзеновской горелки, всегда давал в спектроскопе свой неповторимый один и тот же набор цветных полосок. Но каждый элемент должен был состоять из одинаково устроенных атомов. Не означало ли это, что цветные линееки спектра были как-то жестко связаны со строением атомов, зависели от этого строения и в жарком пламени горелки охотно рассказывали об этом строении? Да вот беда, никто пока этого языка линейчатых спектров не понимал. И надо было срочно ему обучаться.

Представьте себе, что вы попали в неизвестную страну и не знаете языка, на котором говорят ее жители. Как освоить чужую речь? Надо побывать в разных ситуациях, знакомых вам раньше, и сравнивать названия простых предметов и действий на родном и чужом языках.

Примерно так решили поступить и физики. Они принялись изучать поведение спектров в самых разных условиях: в жаре и холде, в электрических и магнитных полях. А потом задумались над тем, какую же модель атома нужно построить, чтобы она в тех же самых условиях испускала такие же спектры.

Но поведение спектров изучить было значительно проще, чем построить соответствующую модель атома. Это работа затянулась на долгие годы.

Сначала казалось, что модель Томсона разрешит все проблемы. Она с физической точки зрения объясняла периодическую систему элементов Менделеева, позволяла представить себе на атомном уровне химические реакции. Но Дж. Дж. Томсон не зря говорил, что «каждое научное открытие не является пределом, дальше которого идти нельзя, а, наоборот, служит проспектом, ведущим в новые, еще неизведанные страны. И пока наука будет существовать, великое множество великих проблем исключает всякую опасность наступления когда-нибудь эпохи безработицы для физиков». Даже в тот период, когда модель Томсона еще только создавалась, физики уже наблюдали явления, которые ей



Тысячи путей ведут к заблуждению, к истине — только один.

Ж.-Ж. Руссо

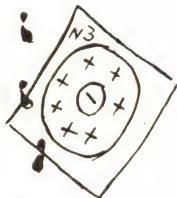
противоречили. И оттого на страницах разных научных журналов появлялись неоднократно предложения о пересмотре томсоновской системы.

Некоторые из них я привел здесь в хронологическом порядке. А чтобы сразу было понято, почему предлагаемые модели не занимали ведущего положения в науке, я снабдил каждое сообщение комментарием. Если вы внимательно просмотрите их, тогда и следующая модель атома Резерфорда не будет для вас такой неожиданной.

Итак...

---

#### СООБЩЕНИЕ № 1



1887 год. Русский физик Петр Николаевич Лебедев (1866—1912), стажируясь в Берлинском университете, вел дневник, записи которого до последних лет не были опубликованы. А между тем одна из них гласила:

«22 января 1887 г.

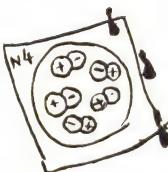
Каждый атом представляет собой полную Солнечную систему, то есть состоит из различных атомопланет, вращающихся с разными скоростями вокруг центральной планеты или каким-либо другим образом двигающихся хаотично периодически. Периоды движения весьма кратковременны (по нашим понятиям)...

#### КОММЕНТАРИЙ

Идея строения атома, похожего на Солнечную систему, витала в воздухе. Но для того чтобы стать теорией, идеи нужны были доказательства. Лебедев ни словом, кроме дневниковой записи, не обмолвился больше о своем предвидении. Не рассказал он о нем и тогда, когда планетарная модель получила всеобщее признание.

---

#### СООБЩЕНИЕ № 2



1901 год. Французский физикохимик Жан-Батист Перрен (1870—1942), изучая природу катодных и рентгеновских лучей, предложил гипотезу, согласно которой атомы вещества состоят из частиц и устроены наподобие миниатюрных планетных систем. «Положительно заряженное ядро окружено отрицательными электронами, которые двигаются по определенным орбитам». Скорости этих движений должны соответствовать частотам основных спектральных линий элементов.

#### КОММЕНТАРИЙ

Если вы будете ездить по кругу с совершенно одинаковой скоростью, то и тогда такое движение будет равноускоренным. Потому что раз меняется направление движения, значит, на тело действует сила. Коль скоро на тело действует сила, его движение не может быть равномерным. А по законам классической электродинамики всякий электрический заряд, двигающийся с ускорением, должен непрерывно излучать энергию в виде электромагнитных волн. Теряя энергию, он тормозится. При этом его орбита должна становиться все меньше и меньше. Если же представить себе такой заряд электроном, облетающим ядро, то в конце концов этот электрон должен падать на само ядро!.. При этом атом должен прекращать свое существование. Но длительность жизни Вселенной опровергает подобный вывод. И потому модель атома Перрена была отвергнута.

---

#### СООБЩЕНИЕ № 3

1902 год. Лорд Кельвин (У. Томсон) в Англии предложил пространственную модель атома в виде равномерно заряженной положительной электрической сферы, в центре которой находится отрицательный заряд в виде электронов, сгруппированных в устойчивые системы.

## комментарий

В своей статье У. Томсон вспомнил о теории петербургского академика Ф. У. Т. Эпинуса (1724—1802), с которым в свое время немало спорил М. В. Ломоносов, и назвал свою модель «атомом Эпинуса».

Получалась она статической, то есть неподвижной, пространственной моделью, которая с трудом поддавалась математическому расчету.

## сообщение № 4

1903 год. Ф. Ленард в Германии предложил новую модель атома. По мнению Ленарда, никаких отдельных электронов в атоме не существует. Атом составляют особые частицы — динамиды, каждая из которых — электрический дублет. Общая масса этих частиц равняется массе атома. А их радиус значительно меньше размеров атома, и потому большая часть атомного объема, по Ленарду, оказывалась пуста.

## комментарий

Подтвердить существование «динамида» Ленарду не удалось, и потому его модель признания не получила. Единственным рациональным зерном его гипотезы явилось предположение о «прозрачности» атома, о том, что его масса сосредоточена в весьма небольшом объеме и большая его часть «пуста».

## сообщение № 5

1904 год. Развивая модель У. Томсона (lorda Кельвина), так называемый атом Эпинуса, Дж. Дж. Томсон усовершенствовал свою модель атома. Теперь она представляла собой также равномерно заряженную положительным электричеством сферу, внутри которой вращались отрицательно заряженные корпускулы, число и расположение которых зависело от природы атома. Дж. Дж. Томсону не удалось решить общую задачу устойчивого расположения корпускул внутри сферы, и он остановился на частном случае, когда корпускулы лежат в одной плоскости, проходящей через центр сферы. Тогда, если число корпускул превышало пять, по условиям равновесия, они должны были располагаться в виде системы концентрических колец. Томсон рассчитал, что на внутреннем кольце могли устойчиво располагаться от одной до пяти корпускул-электронов. Затем следовала группа из двух колец, на которых могли, соответственно, находиться: 1 и 5, 1 и 6, 1 и 7, 1 и 8, 2 и 8... и так далее, до 5 и 11 корпускул. Потом следовали группы с тремя кольцами, четырьмя кольцами, шестью и семью кольцами. В каждом кольце корпускулы совершали довольно сложные движения, которые автор гипотезы связывал со спектрами. А распределение корпускул по кольцам-оболочкам соответствовало вертикальным столбцам таблицы Менделеева.

## комментарий

Дж. Дж. Томсон прекрасно понимал сложность структуры атома, названного им «пудингом с изюмом».

Его новая модель позволяла объяснять изменение химических свойств элементов в соединениях. Электроны, вращающиеся на кольцах-орбитах, могли под действием внешних сил смещаться в сторону от положения равновесия, изменяя структуру атома. А если менялась структура атома, то менялись и его химические свойства. Пользуясь моделью Дж. Дж. Томсона, можно было попытаться представить себе механизм химических реакций. То есть поискать ту самую лошадь, которая, по образному выражению Остwaldа, спрятана внутри паровоза.

Дж. Дж. Томсон подошел совсем близко и к выводу, что характер распределения электронов в атоме определяет его место в периодической системе элементов. Но только подошел. Окончая



тельный вывод был еще впереди. Многое в предложенной им модели было еще необъяснимо. никто, например, не понимал: что представляет собой положительно заряженная масса атома и сколько электронов должно содержаться в атомах различных элементов? Существуют ли в атомах положительно заряженные частицы, и если нет, то как объяснить состав положительного излучения радиоактивных веществ, открытых А. Беккерелем и супругами Кюри?

На эти вопросы, впрочем, как и на многие другие, рыхлая томсоновская модель ответа не давала.

#### СООБЩЕНИЕ № 6

1904 год. Японский физик Хантаро Нагаока (1865—1950) предложил для объяснения явлений радиоактивности и оптических спектров модель «сатурноподобного» атома, которая представляла собой единое центральное положительно заряженное тело, вокруг которого, сгруппированные кольцами, как у планеты Сатурн, вращаются отрицательные электроны. У атомов, имеющих большой атомный вес, тяжелое нестабильное кольцо способно с огромной скоростью выбрасывать из себя легкие электроны, входящие в его состав.

#### КОММЕНТАРИЙ

Нагаока вычислил периоды колебаний, которые совершают электроны при смещениях со своих орбит. Этими частотами можно было при желании приблизительно описать спектральные линии некоторых элементов.

Однако планетарная модель атома уже предлагалась раньше Ж. Перреном. Модель Нагаоки не была свободна от тех же недостатков.

#### СООБЩЕНИЕ № 7

1905 год. 25 сентября на съезде немецких естествоиспытателей и врачей профессор физики Мюнхенского университета Вильгельм Вин (1864—1928) сказал в своем докладе: «Большую трудность для электронной теории представляет также объяснение спектральных линий. Так как каждому элементу соответствует определенная группировка спектральных линий, которые он испускает, находясь в состоянии свечения, то каждый атом должен представлять неизменную систему. Проще всего было бы представить атом как планетарную систему, состоящую из положительно заряженного центра, вокруг которого обращаются, подобно планетам, отрицательные электроны. Но такая система не может быть неизменной вследствие излучаемой электронами энергии. Поэтому мы вынуждены обратиться к системе, в которой электроны находятся в относительном покое или обладают ничтожными скоростями — представление, в котором содержится много сомнительного».

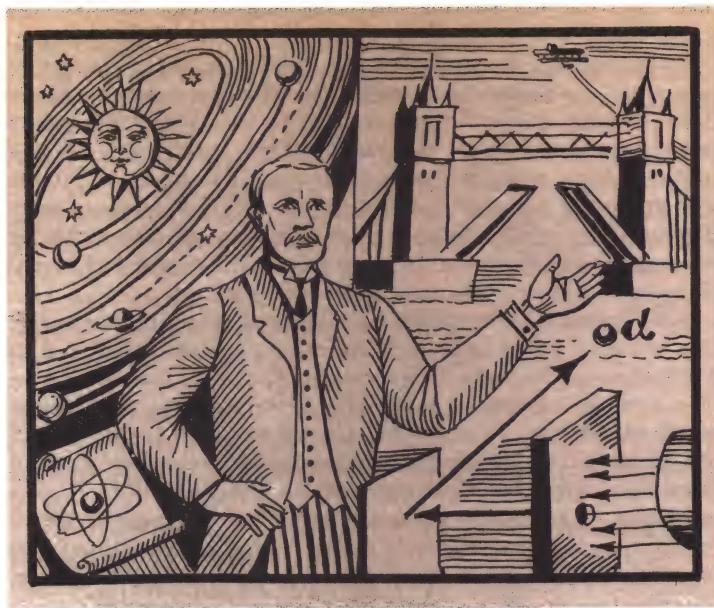
#### КОММЕНТАРИЙ

Пожалуй, этот отрывок из доклада Вина подводит итоги перечисленным попыткам физиков ввести наглядную модель атома, которая объяснила бы все известные его свойства. Несмотря на недостоверность и сомнения, в первом раунде победила модель Томсона, недостатки которой не были ни для кого секретом. Впрочем, это победа была неполной и неокончательной.



Кто устремлен к звездам,  
тот не оглядывается.

Леонардо да Винчи



## ГЛАВА СЕДЬМАЯ

В 1898 году в Кавендишской лаборатории у Томсона закончил докторантуру сын новозеландского фермера Эрнест Резерфорд (1871—1937). Молодой физик получил назначение в Канаду, в Монреальский университет Мак-Гилла. В рекомендательном письме Дж. Дж. Томсон писал: «У меня никогда не было молодого ученого с таким энтузиазмом и способностями к оригинальным исследованиям, как г-н Резерфорд, и я уверен, что, если он будет избран, он создаст выдающуюся школу физики в Монреале...».

Ученик полностью оправдал надежды учителя. Монреальский период его работы славен не только выдающимися открытиями, но также началом, закладкой фундамента будущей школы новой физики.

О Резерфорде написано много прекрасных книг. Он прожил большую жизнь в науке, на самом переломе революции в физике. И создал свою научную школу. Правда, не в Монреале, а в Англии, куда вернулся в 1907 году.

Трудно найти в истории науки фигуру более симпатичную, чем этот огромный новозеландец с громовым голосом и тяжелыми кулаками фермера. Своими толстыми пальцами он умел так ловко пристроить невесомый листочек золота на опытную установку, что снискал себе славу лучшего экспериментатора в мире. Дело свое он совершал всегда с энтузиазмом и так заразительно, что невозможно было оставаться равнодушным.

В Монреале университетская лаборатория оказалась

**КАК УЗНАТЬ,  
ЧТО НАХОДИТСЯ  
ВНУТРИ  
ПУДИНГА?**



Э. Резерфорд в период его работы в Монреале.

весьма неприспособленной для лелеемых Резерфордом замыслов. Но молодой ученый не унывал. «Я не теоретик, — любил он повторять и позже, собирая собствен-норучно приборы, необходимые для экспериментов. — Они играют в свои символы, а мы в Кавендише добыва-ем неподдельные твердые факты природы». Резер-форд любил в шутку побахвалиться. На самом деле ма-ло найдется ученых-экспериментаторов, кто столь тща-тельно бы заботился о том, чтобы его опыты были не-пременно подтверждены теорией, а его открытия имели бы строгое теоретическое обоснование.

В Монреале Резерфорд занялся исследованием радиоактивности урана и тория. Здесь он познакомился с та-лантливым химиком Фредериком Содди, с которым вме-сте открыл самопроизвольное превращение радиоактив-ных элементов. Здесь же, в университете Мак-Гилла, он впервые экспериментально подтвердил свое предпо-ложение, что альфа-частицы являются не чем иным, как атомами гелия, потерявшими два электрона. Впрочем, с точки зрения придирчивого экспериментатора, эти опыты пока не были достаточно убедительными. Можно смело сказать, что, работая в Монреале, Резерфорд соз-дал учение о радиоактивности. Со временем Мак-Гил-лский университет стал одним из крупнейших центров по изучению радиоактивности. А вокруг Резерфорда сплотилась большая группа молодых специалистов.

В 1905 году Резерфорду была присуждена в Англии почетная медаль Румкорфа, и молодого тридцативухлет-него ученого избрали членом Лондонского королевского общества.

Два года спустя, распрошавшись с Канадой, Резер-форд уехал в Англию. Манчестерский университет пред-ложил ему освободившуюся должность профессора фи-зики. И здесь за какой-нибудь год образовался удивительный коллектив молодежи: студентов и аспирантов, таких же, как их шеф, бесконечно увлеченных физически-ми проблемами. Они много шутили, весело смеялись, но они очень много работали. Все жили в обстановке творче-ского подъема и не жалели для дела ни времени, ни сил.

Резерфорд придавал чрезвычайно большое значе-ние исследованию альфа-частиц. Интуицией большого ученого он чувствовал, что им предстоит выдающаяся роль в нарождающейся атомной физике. И время пока-зало, что он не ошибся.

Совместно с учениками Гейгером и Ройдсом Резер-форд проделал тончайшие измерения и определил более точно заряд и массу альфа-частиц, подтвердив, что они были не чем иным, как атомами гелия, потерявшими по два электрона. Атомы гелия, которые вылетали из урана и тория? Чудеса! Но эти «чудеса» ликвидировали все сомнения в правильности теории радиоактивного рас-пада, которую он вместе с Содди выдвинул еще в Мак-Гиллском университете. Одновременно они требова-ли вплотную браться за исследование строения этих

«кирпичей мироздания», чтобы ответить на недоуменные вопросы.

Составляя программу работ в Манчестере, Резерфорд написал длинный список проблем, которые ему хотелось бы решить. Проблема под номером 7 называлась: «Рассечение альфа-частиц». В Монреале ему так и не удалось понять, почему, пролетая сквозь слюду, альфа-частицы изменяли свою траекторию. Ответ на этот вопрос зависел от того, удастся или нет определить истинную конструкцию атома. Но как это сделать? И Резерфорд ответил на этот вопрос со свойственной ему решительностью: «Самый простой способ узнать, что находится внутри пудинга, — это сунуть в него палец!»

Он предложил Эрнесту Марсденну и Гансу Гейгеру поставить соответствующий эксперимент.

Установка молодых людей представляла собой нехитрое устройство, позволявшее обстреливать листочки тоненькой металлической фольги быстрыми альфа-частицами, вылетающими из кусочка радиоактивного вещества.

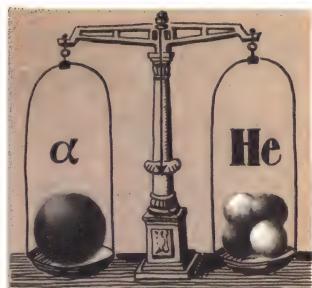
То было время, когда, как справедливо заметил писатель Митчел Уилсон, «если экспериментатор не мог поставить любой опыт с помощью обрывков веревки, нескольких палочек, резиновой полоски и собственной слюны, он не стоил даже бумаги, на которой пишет».

— Посмотрим: не сможете ли вы получить некий эффект прямого отражения альфа-частиц от металлической поверхности? — говорил шеф, осматривая установку.

Такие эксперименты уже были раньше. Но Резерфорд чувствовал, что на этот раз опыт должен ему в чем-то помочь. Для Марсдена и Гейгера потянулись долгие часы томительного сидения в затемненной комнате. По редким вспышкам на светящемся экране нужно было подсчитывать число частиц, отклонившихся от своего пути после пролета через фольгу. В принципе они и должны были отклоняться, но отклоняться на малые углы. Ведь атом Томсона был электрически нейтрален. И пробить тоненький листочек золота альфа-частицам, по идее, действительно было не труднее, чем экспериментатору залезть пальцем в мягкий пудинг. И тем не менее молодые физики обнаружили, что некоторые альфа-частицы не только резко изменяли свой путь, пролетая через металл, но даже отскакивали от фольги обратно. Это «казалось столь же вероятным, — писал позже Резерфорд, — как если бы вы выстрелили 15-дюймовым снарядом в папиросную бумагу и этот снаряд отразился бы назад и попал в вас...»

Загадка стоила размышлений. И Резерфорд думал над ней упорно, настойчиво и долго. Думал везде. Думал, пока не пришел к удивительному выводу.

Если бы атомы представляли собой конструкции, предложенные Томсоном, альфа-частицы должны были бы свободно проходить через них, а следовательно, и через тонкую фольгу. Лишь отдельные «микроснаряды»



Альфа-частица — ядро атома гелия.

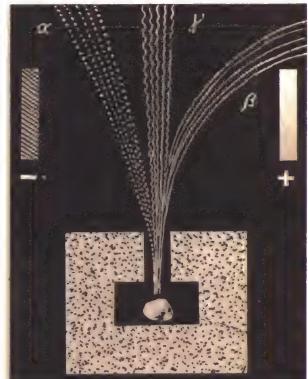


Схема разделения излучения по «сортам».

могли чуть-чуть отклоняться, пролетая слишком близко возле «плавающих» в томсоновских атомах электронов и попадая в поле кулоновских сил. Но ни одна из проносящих частиц не имела права отклоняться на те большие углы, которые наблюдали экспериментаторы, и тем более не могла отскакивать обратно.

В каком случае это было бы возможно? Только в том, если полный положительный заряд сосредоточен в центре, а не распределен по всему объему атома. Причем сосредоточен он должен быть в небольшом ядре. И между этим положительным ядром и отрицательно заряженными электронами должно быть достаточно большое свободное пространство.

Так Резерфорд пришел к ядерной модели атома.

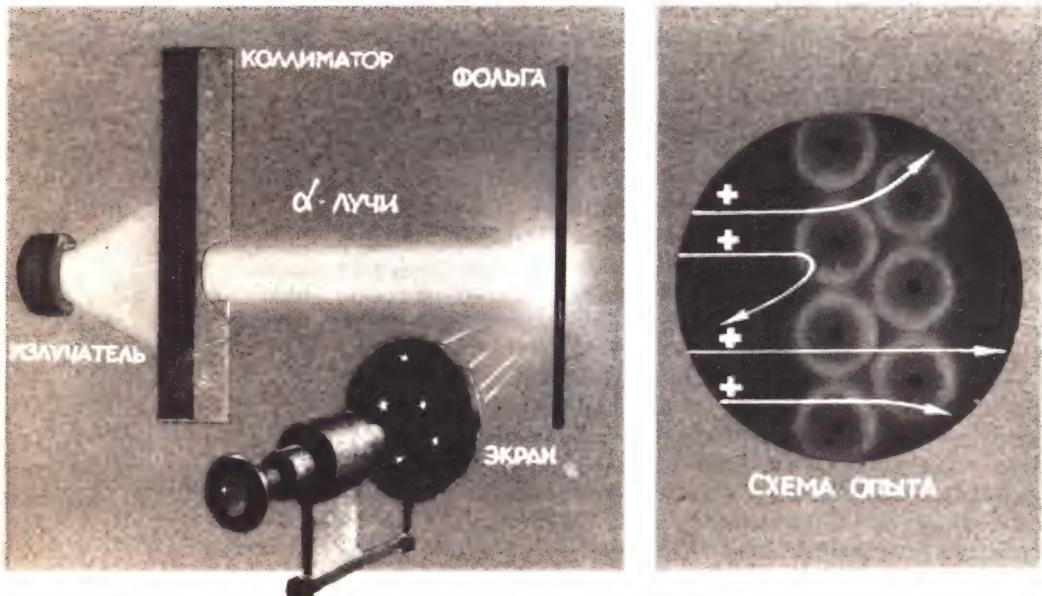


Схема опыта Резерфорда.

Однажды вечером у себя в доме он собрал «мальчиков» и объявил, что знает, как выглядит атом...

Модель атома Резерфорда, как и модели его предшественников, походила на Солнечную систему. В центре сосредоточен весь положительный заряд атома, вся его масса — ядро. Вокруг ядра по постоянным орбитам, примерно так же, как планеты вокруг Солнца, обращаются отрицательные электроны. Сколько электронов на орbitах, столько и положительных зарядов в центральном ядре.

Но как быть с возражениями, погубившими аналогичную гипотезу Перрена и оставившими физиков равнодушными к модели Нагаоки?.. Резерфорд отвечал, ни минуты не задумываясь: никак! Эксперименты подтверждают догадку о том, что строение атома должно быть планетарным. А тот факт, что весь мир и Вселенная существуют и не развиваются, требует, чтобы такая

конструкция атомов была устойчивой. Значит, так оно и есть! Что же касается теории, то со временем она появится.

В том же году в Брюсселе по инициативе и на средства богатого бельгийского промышленника Эрнста Сольвея собрался I Международный Сольвеевский конгресс. За немногим исключением, на него приехали все ведущие ученые в области теоретической и экспериментальной физики. Был на нем и Резерфорд.

В течение четырех дней за большим столом, за которым разместились все 27 участников конгресса, не прекращались споры. И самыми популярными словами были «квант» и «атом». Но что было самым удивительным — за все эти дни никто из присутствовавших ни разу не услышал громоподобного голоса Резерфорда. Это было на него так не похоже. И тем не менее это было так. Причина заключалась в том, что, упоминая атом, все выступавшие имели в виду модель Томсона и никто ни разу даже не упомянул об атоме Резерфорда. Ни для кого из них эта модель не имела ценности до тех пор, пока в основу ее не ложет теория. Это сквозило в речах и Лоренца и Пуанкаре. Вин, Планк, Эйнштейн говорили только об атоме Томсона. А профессор Арнольд Иоганн Вильгельм Зоммерфельд (1868—1951) — маленький юркий человек, обладавший феноменальными математическими способностями, большим человеколюбием и педагогическим чутьем, — прямо заявил, что не желает даже слышать о каких-либо «частных моделях атомов».

Забегая вперед, скажу, что судьба посмеялась над Зоммерфельдом за эти слова. Мало кто из людей сделал больше, чем он, для утверждения квантовой модели атома Бора, являющейся разработкой модели Резерфорда.

Резерфорд молчал. Он лучше, чем кто-нибудь, видел недостатки своей модели и все-таки был уверен в ее истинности. «Вопрос об устойчивости предполагаемого атома на этой стадии не следует подвергать рассмотрению, ибо устойчивость окажется, очевидно, зависящей от тонких деталей структуры атома и движения составляющих его заряженных частей».

Эту фразу написал он в начале своей майской статьи. Этих же взглядов он продолжал придерживаться и теперь.

Вернувшись в Англию после рождества, Резерфорд приехал на ежегодный торжественный Кавендишский обед в Кембридж. В старинном зале, резные дубовые стены которого были увешаны портретами великих людей, вышедших из этого университета, собрались профессора и докторанты-стажеры. Представляя собравшимся Резерфорда, председатель упомянул о его великом открытии. Затем более подробно остановился на том, что никто из величайших физиков Кавендиша не смог бы соперничать с Резерфордом в тех виртуозных и



Э. Резерфорд с женой возвращаются после торжественного заседания в Кембридже.

изобретательных проклятиях, которыми сэр Эрнст на-  
граждал лабораторное оборудование.

Громкий хохот самого Резерфорда словно послужил сигналом к установлению сердечности на обеде. Гость из Манчестера много и увлеченно рассказывал о тех опытах, которыми заняты его молодые сотрудники. Все слушали внимательно. Но пожалуй, один человек слушал так, как никто. Он сидел на одной из задних скамей и, открав рот, буквально впитывал в себя слова этого большого и добродушного человека, который был их гостем и чьи работы в Манчестере он хорошо знал.

Молодой человек, не сводивший с Резерфорда глаз, был Нильс Генрик Давид Бор. С первой же минуты встречи он почувствовал инстинктивное расположение и непреодолимую тягу к Резерфорду. И хотя учиться в Кавендишской лаборатории было и почетно и славно, тут же решил во что бы то ни стало перейти в Манчестер.

Бор был человеком осмотрительным. Он тщательно подготовил своей переход и примерно через год был уже в числе сотрудников Резерфорда.

## ПЛАНЕТАРНАЯ МОДЕЛЬ АТОМА ВОДОРОДА ОБРЕТАЕТ УСТОЙЧИВОСТЬ

Манчестерская лаборатория Резерфорда бурлила спорами. Новая теория строения атома была гвоздем всех разговоров. Каждый вечер после работы молодые сотрудники лаборатории собирались за чаем. На лабораторном столе расставляли чашки, раскладывали пирожки и бутерброды. Резерфорд, взгромоздившись на высокий табурет, дирижировал диспутами.

Бор постоянно размышлял над тем, как бы приложить структуру атома, открытую шефом, структуру, в которой он совершенно не сомневался, к объяснению свойств элементов... Ведь не исключено, что все химические свойства элементов определяются всего-навсего электронами, которые крутятся вокруг атомного ядра...

Он также предполагал, что источниками альфа- и бета-лучей являются ядра атомов.

Но для того чтобы эти предположения перешли в ранг теории, их следовало доказать. Между тем классическая электродинамика совершенно бесполезно заявляла, что заряженная частица (читай: электрон), вращающаяся вокруг другой, более массивной частицы, заряженной электричеством другого знака (читай: ядро), должна с каждым витком притягиваться этой массивной частицей, терять (читай: излучать) при этом излишки своей энергии. И в конце концов падать на центральную массу! Как же быть?...

Но Бор недаром внимательно изучал квантовую теорию Планка и Эйнштейна. И поскольку атомы имели совершенно иную категорию, чем макроскопические те-

ла, то неоднократно крамольная мысль посещала его голову: а можно ли вообще пользоваться законами классической электродинамики, выведенными для макротел, при объяснении структуры атомов?..

И он выдвигает предположение, что вокруг ядра для электронов существует ряд «разрешенных» орбит, по которым электроны могут вращаться, не излучая энергии, то есть устойчиво и постоянно. Такие «разрешенные» орбиты собирались в стабильную оболочку. И по ним, согласно расчетам Бора, могло вращаться не более семи электронов. Тогда система атома устойчива. Появится восьмой электрон — наступит неустойчивость, и атом данного элемента должен превратиться в атом другого элемента уже не с одной, а с двумя стабильными оболочками. Причем вторая, начавшаяся с восьмого по счету электрона, может также заполняться семью следующими... «Рассматриваемая модель атома может дать вероятное объяснение периодического закона химических свойств элементов». Этими словами Бор закончил свою первую статью, рукопись которой прочитал Резерфорду.

Руководитель, как и полагалось, предостерег своего подопечного от скоропалительных выводов, но потом не выдержал тона наставника и с жаром принял обсуждать предложенные идеи. Разговор закончился тем, что Резерфорд предложил Бору готовить статью к публикации.

Надо ли говорить о том, как счастлив был молодой ученый... .

Но ввести новую теорию строения атома было не так-то просто. Слишком много связей оказывалось у «кирпичика вещества» и с разными отраслями наук.

Однажды ассистент физической лаборатории Политехнического института в Копенгагене, молодой физик Х. М. Хансен, специализировавшийся в Геттингене в области спектроскопии, спросил у Бора:

— А каким образом ваша модель атома может объяснить спектральные линии, которые испускает возбужденный атом?

Это был коварный вопрос. Бор ответил просто: «Не знаю!» Но в глубине души понял, что отвечать ему придется. А проблема была сложной и имела длинную историю. Почему каждому элементу, словно визитная карточка, соответствовал единственный и неповторимый спектр, состоящий из индивидуального набора цветных полос? Да и не только цветных, видимых человеческим глазом, но и из полосок в ультрафиолетовом и инфракрасном, невидимых глазом, диапазонах...

Со временем открытия Кирхгофом и Бунзеном спектрального анализа ученые многое узнали о спектрах, проделали большую работу. Но все их выводы держались на законах, выведенных чисто эмпирическим путем, то есть непосредственно из опыта.

Например, оптики обнаружили, что в линейчатом спектре линии группируются в отдельные серии. В каж-

$H_{\alpha}(6563 \text{ \AA})$

$H_{\beta}(4861 \text{ \AA})$

$H_{\gamma}(4340 \text{ \AA})$

$H_{\delta}(4102 \text{ \AA})$

$H_{\omega}(3646 \text{ \AA})$

Бальмеровская серия водорода.

дой серии интенсивность линий уменьшалась к концу, который характеризовался большим сгущением линий.

Одной из самых первых серий, изученных учеными, была серия в видимой части водородного спектра — четыре голубых линии с разными длинами волн.

В 1885 году швейцарский школьный учитель Иоганн Якоб Бальмер (1825—1893), сопоставляя длины волн этой спектральной серии, вывел формулу, которой они подчинялись.

Самым замечательным оказалось то, что длины волн других спектральных серий водорода, обнаруженных позже, так же прекрасно укладывались в формулу Бальмера. Потом, также эмпирически, были построены формулы для длин волн спектральных линий других элементов. Формулы были готовы, но понять происхождение спектральных линий, исходя из модели атома Томсона, никто не мог. Было совершенно очевидно, что наблюдалось явление требует квантового подхода...

И вот в такой-то обстановке и появились теоретические статьи Бора. В предисловии он писал: «В настоящей статье обсуждается механизм связывания электронов положительным ядром в его отношении к теории Планка. Она имеет целью показать, что с этой точки зрения возможно объяснить простым образом закон линейного спектра водорода».

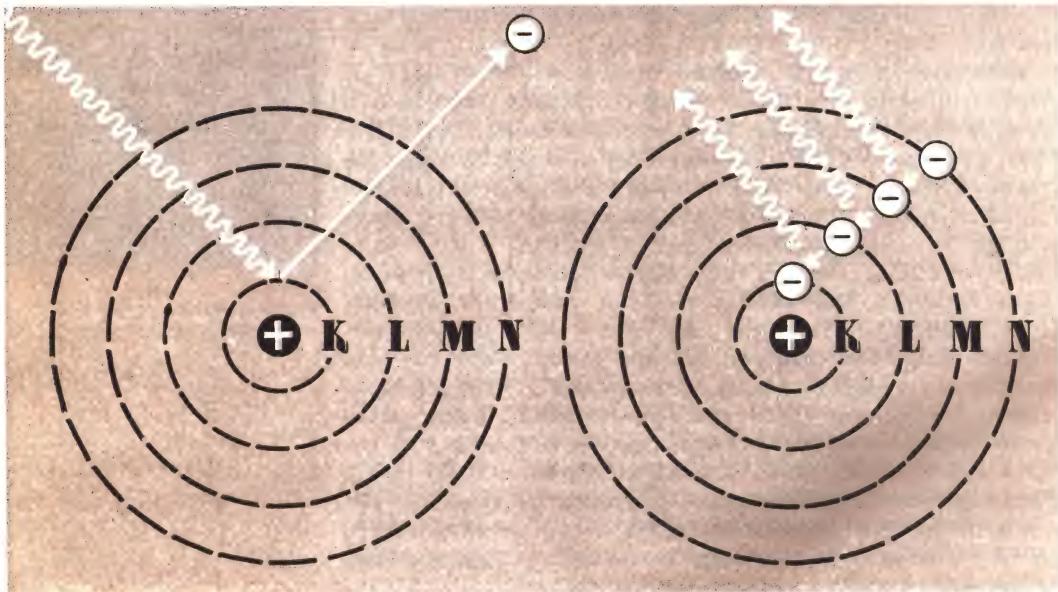


Схема боровских переходов электрона с одной орбиты на другую.

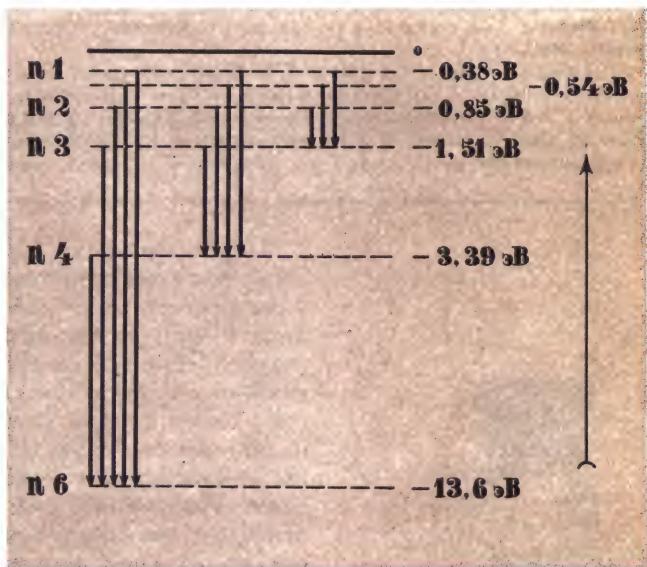
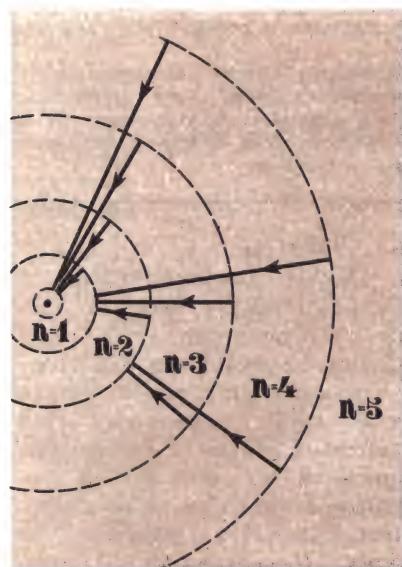
Помните, мы с вами обсуждали понятие непрерывности и дискретности и я приводил в качестве примера банку с водой и коробку с кубиками?..

Так вот, главным в гипотезе Бора было предложение считать, что энергия электрона может меняться только порциями-квантами. Причем до тех пор, пока электрон

обращается по одной и той же «разрешенной», или стационарной, орбите, он не теряет энергию вообще, не излучает. И лишь под воздействием какой-либо силы извне, получив толчок и перескочив с одной разрешенной орбиты на другую разрешенную, находящуюся ближе к ядру, он теряет квант энергии, излучая его в пространство. Впрочем, Бор сам в заключении третьей части своей статьи перечисляет допущения, введенные им для решения поставленной вначале перед собой задачи. И эти допущения показывают, что теория Бора представляла собой смесь старых классических и новых квантовых представлений. Это обстоятельство смущало не только критиков, но, в глубине души, и самого автора статьи.

Но на первых порах теория Бора оказалась во многом чрезвычайно удачной. Для атома водорода она предсказала, например, его размеры.

По вычислениям Бора получалось, что испускаемые электронами кванты точно соответствуют излучению тех длин волн спектра водорода, которые получались по формулам Бальмера и соответствовали эксперименту. Более того, теория Бора правильно предсказала, что спектры атомов с одним электроном — например, единожды ионизованного гелия, дважды ионизованного лития — и так далее — должны были иметь характер, аналогичный спектру водорода.



Так оно и оказалось. Но на этом успехи новой теории и закончились. Объяснить спектры более сложных атомов, обладающих большим числом электронов, теории Бора не удавалось. И это было ее серьезной неудачей.

После того как специалисты познакомились со статьями Бора, большинство их разделилось на два лагеря.

Атом Резерфорда — Бора.

Одни поддерживали молодого теоретика, другие были категорически против.

В сентябре 1913 года Британская ассоциация содействия прогрессу науки разослала всем ведущим физикам, занимающимся проблемами радиоактивности и строения атомов, приглашения на дискуссию. «Гвоздем программы» была теория Бора.

На высоком собрании присутствовали Резерфорд и его учитель Дж. Дж. Томсон, Мария Склодовская-Кюри и Лоренц, был Джинс. Нильс Бор чувствовал себя не очень уютно среди знаменитостей.

---

РАССКАЗЫВАЮТ, что после того, как Джинс открыл дискуссию и изложил примеры применения квантовой теории для объяснения строения атома, он сказал: «Доктор Бор пришел к оригинальному и, должен добавить, убедительному объяснению законов спектральных линий». Затем Джинс посетовал, что новая теория является комбинацией из классической и квантовой физики и что выводы ее подрывают самые основы науки. «Но, — добавил он, — оправданием предложенной гипотезы могут служить ее успехи как среди части физиков, так и в проверке результатов некоторых экспериментов».

Обескураженные таким неопределенным отношением Джинса, присутствовавшие попросили Рэлея высказать свое мнение. Он со своей маленькой лабораторией много сделал в исследовании такой большой проблемы, как излучение, ему, как говорится, и карты в руки. Лорд Рэлей поднялся с места и ответил так: «В дни молодости я сделал для себя некоторые важные выводы, которым стараюсь следовать и поныне. Один из них заключается в следующем: если тебе перевалило за шестьдесят, старайся не высказываться по поводу новых идей! Несмотря на то, что мне сегодня нелегко следовать этому правилу, я все же предпочел бы не принимать участия в дискуссии».

Но были среди противников новой теории люди и не столь деликатные, как лорд Рэлей. Впрочем, и они, искренне преданные науке, были уверены, что защищают ее основы, яростно отвергая все выводы новой теории вообще. Атомная физика рождалась слишком революционной. Игнорировать ее уже никто не мог, но сторонники классики продолжали не соглашаться с ней еще много лет спустя.

Известный советский физик Я. И. Френкель уже в 1925 году писал из Геттингена, где он проходил стажировку: «... В середине июня собирается приехать Эренфест со свитой своих сотрудников и в том числе с цейлонским попугаем, обученным произносить следующую фразу: «Aber meine Herren, das ist keine Physik» («Но, господа, это не физика»). Этого попугая Эренфест выдвигает в председатели на предстоящих дискуссиях о новой квантовой механике».

---

Пауль Эренфест (1880—1933) был в те годы известным физиком-теоретиком. После окончания Венского университета долго работал в Петербурге, потом в Лейдене. Неоднократно приезжал в нашу страну после революции. Развитие советской теоретической физики тесно связано с именем Павла Сигизмундовича, как называли его русские друзья. К интересующим его вопросам относились многие разделы квантовой теории и статистической механики. Не было, пожалуй, ни одной острой проблемы современной ему физики, по которой он не высказывался бы тем или иным путем, не затяял дискуссии, не вовлек бы в нее окружающих. Превосходный организатор, обаятельный и жизнерадостный человек, он обладал необычайно развитым критическим даром. И благодаря ему оказывал очень большое влияние на других физиков.

Павел Сигизмундович был дружен со многими людьми, но особенно он любил Эйнштейна, Бора и Иоффе. И всячески старался защищать первых двух от обвинений в необоснованном новаторстве.

РАССКАЗЫВАЮТ, что, когда однажды Эренфеста спросили, чем отличаются Эйнштейн и Бор от остальных физиков, он ответил, что оба отличаются большой индивидуальностью, но тем не менее обладают рядом общих черт, отличающих их от «обыкновенных» физиков. «И Эйнштейн, и Бор исключительно хорошо знают классическую физику, они, так сказать, пронизаны классическим знанием. Они знают, они любят, они чувствуют классику так, как не может этого делать обычный физик. Меньше всего они готовы признать новое только потому, что это — новое. Скорее их можно назвать консерваторами — с такой бережностью они относятся к классическим объяснениям, к каждому кирпичику здания классической физики. Но для них новые вещи являются необходимостью потому, что они хорошо знают старое и отчетливо видят невозможность старого классического объяснения»<sup>1</sup>.

Новая физика вторглась и в границы старой химии. По гипотезе Бора каждый атом имел на своих орбитах количество электронов, соответствующее порядковому номеру элемента в периодической системе. Планетарная модель позволила разделить физические и химические свойства и определить, какая часть атома за какие из них ответственна.

Сам Бор, рассматривая структуру периодической системы, опирался в своих выводах на простые свойства элементов, которые проявлялись в оптических и рентгеновских спектрах атомов. Электроны экранировали электрический заряд ядра, и потому многие свойства атомов — химические, электрические, магнитные и оптические — в основном зависели от внешних электронов. И только в случае очень сильного воздействия на атом в игру вступали связанные внутренние электроны.

Представьте себе, что за счет столкновения с быстро летящим электроном мы сообщили атому вещества достаточную энергию. (Именно так это происходит, например, в рентгеновских трубках.) При этом нам удалось выбить один из внутренних его электронов с какой-то из ближайших к ядру орбит. Понятно, что в таком возбужденном состоянии атом останется недолго. Электрон соседней орбиты тут же перескочит и займет освободившееся место, где его энергия будет меньше. Мы с вами помним, что для приобретения наибольшей устойчивости любая система в природе стремится занять такое положение, чтобы запас ее энергии был наименьшим.

Избыток своей энергии электрон выбросит в виде кванта рентгеновских лучей. На освободившееся место снова перейдет электрон со следующей орбиты, также излучив излишek энергии, и так далее. А на освободившееся место во внешней орбите тут же «сядет» один из свободных электронов, которых много блуждает в окружающей среде. И таким образом, испустив серию рентгеновских квантов, атом вернется в электрически нейтральное, первоначальное состояние.

## АЛХИМИЯ XX ВЕКА



Знать — значит победить!

Акад. А. Н. Несмиянов

<sup>1</sup> Френкель В. Я. Пауль Эренфест. М., Атомиздат, 1971.



Г. Мозли —  
один из талантливейших  
учеников Резерфорда,  
чью жизнь  
так рано оборвала  
первая мировая война.

Бор предполагал, что именно рентгеновские лучи, исходящие из внутренних областей атома, могли бы дать истинный автопортрет «кирпичика вещества».

Ученик Резерфорда Мозли глубоко проникся этой идеей. Напрасно шеф отговаривал его в свое время, считая, что манчестерские физики недостаточно компетентны в области рентгеновской спектроскопии. Мозли не соглашался с шефом. А как известно, самостоятельность в своих сотрудниках громогласный профессор любил едва ли не больше всех остальных качеств.

В Оксфорде упрямому Мозли пришлось прежде всего думать над тем, какую аппаратуру нужно спроектировать для постановки задуманного эксперимента. Рассказывают, что он с головой ушел в проблему, работая днем и ночью в лаборатории. Для своего опыта он разыскал где-то длинный стеклянный цилиндр и провел по его центру рельсы от игрушечной железной дороги. На маленькие платформы он грузил образцы исследуемых элементов и возил их туда и обратно по рельсам через поток катодных лучей. Образовавшиеся при этом от образцов рентгеновские лучи падали на кристалл ферроцианида калия, который отражал их на фотографическую пластинку. Фотографии получались удивительные.

Мозли обнаружил, что чем больше атомный вес элемента, тем меньше длина волн его рентгеновских лучей. Он тут же расположил все известные элементы по мере возрастания длин волн, образующихся рентгеновскими лучами, и перенумеровал их, противопоставив каждому элементу целое число, обратно пропорциональное корню квадратному из длины волны. Получалась линейная классификация, которая в некоторых случаях отличалась от классификации Менделеева.

Вы ведь помните, что Дмитрий Иванович располагал элементы в порядке возрастания атомного веса. При этом возникали некоторые неувязки. Элементы кобальт, никель, теллур и йод, занимая свои места по порядку возрастания атомных весов, явно не соответствовали своим «сродственникам» по химическим свойствам. Но стоило их расположить по атомным номерам в клетках периодической системы, как сразу же все аномалии исчезали.

Выденный Мозли закон позволил предсказать существование нового элемента — гафния ( $Z = 72$ ) до его фактического открытия.

С этого момента значение атомного веса, которое царило в мире элементов со времен атомной теории Дальтона, начинает падать. Основой классификации становятся атомные номера, обозначаемые буквой « $Z$ ».

Прошло совсем немного времени, и ученые вообще обнаружили, что один и тот же элемент может обладать различными атомными весами. Хотя по классической атомной теории каждому из них должен быть в принципе присущ только один определенный атомный вес. Такие атомы-близнецы, занимающие одно и то же место в пе-

риодической системе, но имеющие разные атомные веса, назвали изотопами.

Мозли убедительно связал порядковый номер каждого элемента с числом единиц заряда в положительном ядре. Ядерный заряд всегда выражался целым числом, кратным заряду электрона. Теперь это число, обозначающее количество протонов в ядре, стало называться атомным номером элемента.

Характеризуя работу Мозли, Бор писал: «Поразительная энергия Мозли и его редкий дар ставить эксперименты с четко поставленной целью обусловили быстрое продвижение его работ... В истории современной физики и химии лишь немногие события с самого начала вызывали живейший интерес, как это случилось с Мозли, когда он открыл простой закон, позволяющий однозначно приписать атомный номер элементу на основании его высокочастотного спектра. Этот закон сразу же дал не только убедительное свидетельство в пользу атомной модели Резерфорда, но вместе с тем обнаружил потрясающую интуицию Менделеева, который в определенных местах своей таблицы отошел от правильной последовательности возрастания атомных весов. В частности, сразу было очевидно, что закон Мозли является безошибочным ориентиром при поисках еще неоткрытых элементов, соответствующих вакантным местам в последовательности атомных номеров».

Мозли был исключительно талантливым человеком. Под стать таланту было и его упорство. И конечно, перед ним лежало прекрасное будущее. Но...

В 1914 году началась первая мировая война. Интернациональная лаборатория Резерфорда опустела. Уехали иностранцы. Ушли в армию молодые англичане. Многие ушли навсегда. Марден воевал во Франции, Чедвик попал к немцам в плен и сидел в концлагере. Мозли...

---

РАССКАЗЫВАЮТ, что случилось это 10 августа 1915 года. Английский десант высадился на берегу бухты Сувла Галлиполийского полуострова. Пока англичане окапывались, турецкие части перешли в наступление. Засвистели пули. Связисты едва успели протянуть провод в мелкий, недорытый окоп командного пункта. «Контратаковать, контратаковать!» — надрывался полевой телефон, посыпая в пустоту свои команды. Фуражка, сползшая с головы офицера связи, прикрыла маленьковое отверстие в виске от турецкой пули. Офицера связи звали Генри Мозли. Ему было только двадцать семь лет, но он уже сделал для науки столько, сколько большинству не удается сделять и за срок вдвое больший.

---

Резерфорд тяжело переживал гибель талантливого ученика. Он пытался в одиночку продолжать его работу. Ведь теперь после работ Мозли можно было считать систему химических элементов завершенной. Оставалось понять ее особенность и разрешить некоторые несообразности. Ну хотя бы такие, как несоответствие порядкового номера и заряда ядра атомному весу.

Например, на седьмом месте в таблице Менделеева стоит азот. Заряд ядра его атома ровно в семь раз превосходит заряд ядра атома водорода. Можно предполо-

жить, что ядро атома азота составляют семь положительно заряженных частиц — протонов. Но почему же тогда атомный вес седьмого элемента равен четырнадцати? Почему у всех элементов заряд ядра атома оказывался примерно вдвое меньше, чем его атомный вес?

В 1920 году на заседании лондонского Королевского общества Резерфорд высказал предположение, что, может быть, в ядрах атомов имеются еще какие-то частицы, утяжеляющие центральные массы. По-видимому, они должны быть нейтральны электрически и обладать массами протонов...

Гениальное предвидение! Но не было рядом Мозли... А самого Резерфорда уже занимали новые идеи. Вот почему понадобилось еще более десяти лет, прежде чем нейтрон был открыт.

Выводы Мозли вдохновили Резерфорда на поиски, находящиеся несколько в стороне от основного направления. Если число протонов в ядре атома определяет, какой это элемент, то изменение их числа должно менять и сам элемент. Перспектива была слишком заманчивой, чтобы от нее отказаться. Так и веяло от нее истлевшими фолиантами старых алхимиков, мечтавших превращать одни элементы в другие. И не случайно много лет спустя назовет Резерфорд одну из своих лекций «Современная алхимия».

Обстреливая альфа-частицами атомы азота, он обнаружил, что число протонов в атомном ядре стало на один больше. Это означало, что азот превращался в кислород. Содеянное походило на чудо, и окружающие восприняли его как сенсацию. С этого момента многие работы Резерфорда посвящены вопросам искусственного превращения элементов. Тем же простым путем, обстреливая атомы других элементов частицами от радиоактивных источников, он превратил еще семнадцать элементов друг в друга.

В XX веке новые методы экспериментирования и новые физические теории атаковали «кустарную практику ранней химии» и ее качественные гипотезы. Обновленная физика рационализировала химию, стала для нее новым могучим оружием, одновременно предоставив широкое поле деятельности для теоретических упражнений.



Слеп физик без математики,  
сухорук без химии.

М. В. Ломоносов

## ПИТОМНИК ГЕНИЕВ НА THREE SCHOOL LINE<sup>1</sup>

Именно так назвал профессор Р. Калдер Кавендишскую лабораторию. И у него были все основания на это.

В 1919 году пронесся слух, что Дж. Дж. Томсон уходит в отставку с кавендишской кафедры экспериментальной физики. И в качестве его преемника называли Резерфордом.

<sup>1</sup> Three school line — так называется улица, на которой находится здание Кавендишской лаборатории.

зерфорда. Это было настоящим признанием. Правда, период высшей славы Кавендиша вроде бы уже миновал. Томсону было за шестьдесят. Кроме лаборатории он уже пятый год возглавлял Королевское общество и был главою Тринити-колледжа. Хлопот было предостаточно. И все-таки, решив уйти в отставку, он предполагал оставить за собой часть лабораторий и практикантов.

Конечно, Резерфорд был польщен предложением. Но принять его согласился лишь в том случае, если ему будет предоставлена вся полнота власти. И вот для старого Кавендиша наступила пора омоложения и нового блеска.

Кончилась Мировая война, и в лабораторию стали возвращаться не только молодые люди, но и те, кто работали там раньше, кого знал Резерфорд и кого любил. В Кавендише еще шире развернулся не только научный, но и педагогический талант Резерфорда. Он был блестящим учителем, и среди его многочисленных учеников насчитывалось не меньше крупнейших физиков мира, чем было когда-то у Дж. Дж. Томсона.

При всем своем неуемном и вулканическом характере Резерфорд обладал и большой степенью наивности. Он, например, был убежден в своих способностях физиономиста. То есть человека, который сразу же по лицу другого узнает его характер и вообще составляет себе о нем мнение раз и навсегда. Правда, слава его и преданность науке были такими, что худые люди сами старались обходить стороной огромного новозеландца. Но тем не менее доверял Резерфорд всегда лишь своему впечатлению.

РАССКАЗЫВАЮТ, что в 1921 году, когда А. Ф. Иоффе просил принять в Кавендишскую лабораторию своего ученика Петра Леонидовича Капицу, Резерфорд сначала вовсе не проявил по этому поводу никакого восторга. Он категорически заявил, что у него только тридцать мест в лаборатории и что все тридцать заняты.

Это было равнозначно отказу. И тогда молодой и молчаливый человек, стоявший перед ним, неожиданно открыл рот и заявил:

— Тридцать и тридцать один различаются примерно на три процента, а вы, господин профессор, за большей точностью ведь и не гонитесь...

Резерфорд некоторое время ошеломленно смотрел на претендента. Потом ухмыльнулся и прорычал нечто вроде «ладно оставайтесь». И тот остался. Не на год, не на два, а на целых четырнадцать лет. И все эти годы, по выражению одного историка, «был ближайшей к Профу, доминирующей фигурой». Да их сложные отношения нельзя было истолковать как отношения учителя с учеником. Оба относились друг к другу с уважением, честно и, главное, наверное, любили друг друга так, как могут любить друг друга двое мужчин, связанные многолетней дружбой.

В лаборатории Резерфорда работали такие ученые, как Дж. Чедвик, Дж. Кокрофт, М. Олифант, Н. Бор, Г. Гейгер, О. Ган и многие другие. Из русских ученых кроме П. Л. Капицы у него работали Ю. Б. Харитон и К. Д. Синельников. Обо всех учениках школы Резерфорда существует самое лестное мнение в истории науки. Они делали науку, были преданы ей душой и телом и двигали прогресс вперед во благо человечества. Позже многие из них создали свои научные школы.



Э. Резерфорд во дворе  
Кавендишской лаборатории.



М. Борн в Геттингенском университете, 1921 год.

Уже не первый раз на страницах книги ведется разговор о научных школах. Эти коллективы действительно сыграли решающую роль в развитии науки. Но это вовсе не значит, что каждый выдающийся ученый создавал свою школу. Или что каждая школа носила прогрессивный характер.

Не создали своих школ такие ученые, как М. Планк и А. Эйнштейн. Не было фактически учеников и последователей у Э. Шредингера, с которым читатель встретится несколько позже. Да еще можно перечислить немало прекрасных ученых, удачливых исследователей, которые просто в силу своего характера или иных причин работали в одиночку.

Чтобы создать школу, мало было одного авторитета руководителя. Нужна была актуальная идея, возможности для работы. Наконец, нужно было очень внимательно подбирать учеников. Но в этом Резерфорду везло почти всегда.

А вот пример другой, не менее блестящей научной школы, судьба которой сложилась вовсе не так удачно.

В 1921 году в Геттинген из провинциального университета во Франкфурте-на-Майне переехал один из выдающихся физиков-теоретиков нашего века Макс Борн (1882—1970). Его имя ставят в один ряд с такими именами, как Планк и Эйнштейн, Бор, Гейзенберг, де Бройль и Шредингер. Макс Борн по праву считается одним из основателей квантовой механики. Ему принадлежат многие основополагающие работы в области теории строения атома, квантовой механики и теории относительности.

Ученик Гильберта и Минковского, Макс Борн был чрезвычайно обаятельным человеком. Одновременно он бывал весьма решителен и бескомпромиссен в тех случаях, когда дело касалось несправедливых поступков.

У Борна было много учеников. У него работали физики, ставшие позже крупными теоретиками. Достаточно перечислить их имена: Гейзенберг, Дирак и Паули, Ферми, Блэккет, Винер, Гейтлер, Вейскопф, Оппенгеймер, Теллер. У Борна работали крупные советские ученики: Фок, Френкель, Богуславский и Румер. У Борна как у учителя был очень сильно развит критический талант, но он был настолько тесно соединен с доброжелательностью, что все его ученики чувствовали себя как бы членами одной большой семьи, главной целью которой было познание. Он умел создавать такую атмосферу благожелательности, в которой каждый, не стесняясь, мог выбирать свой путь в решении занимающей всех проблемы.

Может быть, благодаря личным качествам Борна, именно в его школе объединились люди, стоящие на самых крайних мировоззренческих позициях. Достаточно вспомнить, что Паскуаль Иордан, с которым Борн сделал немало великолепных физических работ, по своим философским взглядам характеризуется обычно как

субъективный идеалист<sup>1</sup>, тогда как сам Макс Борн был материалистом, а его другой ученик П. Дирак — атеистом, отрицавшим всякую религию.

Такое различие в мировоззрениях не мешало их научному сотрудничеству до тех пор, пока от каждого не потребовалось решительного определения своих политических взглядов. Произошло это с приходом в Германию фашизма.

В первый же месяц геттингенский научный центр фактически перестал существовать. Много ведущих профессоров, в том числе и Борн, были отстранены от должности. Во главе институтов оказались фашистские гауляйтеры, далекие от интересов науки. Многие ученые, стремившиеся ранее «не замечать» грязной политики, чтобы сохранить лишь академическую свободу, оказались в разных лагерях. И вот тут-то антагонизм мировоззренческих установок, мирно уживавшийся в периоды спокойной работы, сыграл с ними скверную шутку. Он не только развел бывших соратников и представителей одной научной школы в разные стороны. Но он не дал им и никогда больше соединиться или хотя бы сблизиться.

На месте научных школ, занятых поисками истины, в Германии той поры организовались так называемые «школы германской физики». Их возглавили беспринципные ученые типа Ф. Ленарда и И. Штарка, ставившие во главу угла не научные, а карьеристские задачи. По учителям подбирались и ученики. «Школы германской физики» воспитывали и готовили научные кадры в духе фашизма. Учителя предельно упрощали представления об атомных явлениях и больше внимания уделяли толкованию «превосходства арийской расы», чем физическим проблемам.

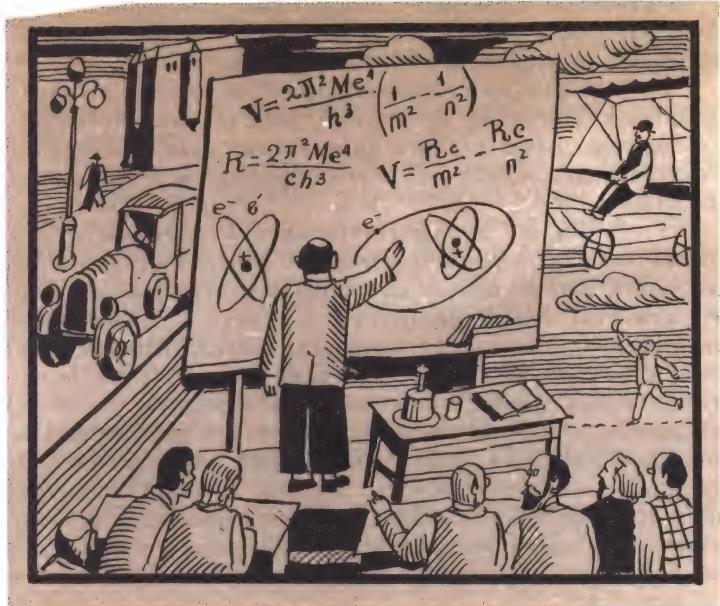
Эти обстоятельства привели руководителей «школ» и их последователей к полной изоляции от мировой науки. И в то время как представители «старого» поколения еще продолжали работать, пытаясь и в новых условиях сохранить прежние традиции, «молодые» физики фашистского режима уже не оказывали на развитие науки никакого или почти никакого влияния.



Что такое все  
субъективно и объективно?

<sup>1</sup> Субъективным идеализмом называют такое направление в философии, сторонники которого отрицают объективность наших знаний о внешнем мире, считают понятия и законы науки лишь результатом соглашения тех, кто занимается их изучением, а саму науку — отражающей лишь внутренние переживания, мыслительные и практические действия тех, кто познает мир.

Критика субъективного идеализма была дана В. И. Лениным в книге «Материализм и эмпириокритицизм».



## ГЛАВА ВОСЬМАЯ

### ПРОФЕССОР ЗОММЕРФЕЛЬД ВНОСИТ ПОПРАВКИ

Пока дело касалось модели простого атома водорода, теория Бора действовала безотказно. Введение квантовых идей Планка в теорию строения атома позволило Бору объяснить образование молекул химических соединений и в дальнейшем рассмотреть с атомных позиций структуру всей периодической системы элементов.

В лекции, прочитанной им по случаю получения Нобелевской премии в 1922 году, он говорил: «Известно, что элементы в соответствии с их обычными физическими и химическими свойствами могут быть расположены в виде естественной системы, которая наиболее полно раскрывает своеобразную взаимосвязь между различными элементами. Менделеев и Лотар Мейер впервые показали, что при расположении атомов в некотором порядке, практически совпадающем с порядком их атомных весов, их химические и физические свойства обнаруживают ярко выраженную периодичность».

Казалось бы, чего больше? А все-таки полного триумфа не получалось. И дело было не в том, что многие из физиков не могли простить Бору попытку ниспрровергнуть господство привычной классической теории. Модель Бора только наполовину была квантовой. Второй своей половиной она оставалась верной классической механике. Может быть, причина несовершенства заключалась в общем правиле, гласящем, что ни один гибрид, собранный из несовместимых элементов, не жизнеспособен?

Сам Бор тоже чувствовал несовершенство своей теории. Он никак не мог четко объяснить, почему эта смесь из классической электродинамики и гипотезы квантов дала результаты, так хорошо совпадающие с опытными данными. И должно было пройти более десяти лет, прежде чем дальнейшее развитие квантовой механики сумело окончательно объяснить полученные им результаты.

В 1914 году исследователи обнаружили, что красные, синие и фиолетовые линии спектра водорода являются двойными. Это открытие явилось неожиданностью даже для Бора. Уж казалось, что водородный-то атом, состоящий из одного протона и одного электрона, полностью подчинился новой теории. Ах, нет! Но, если модель его, созданная Резерфордом и Бором, правильна, то при любых переходах единственного электрона с орбиты на орбиту в спектроскопе должна появляться только одна цветная линия. Откуда же бралась другая? Похоже было, что пришло время Бору снова садиться за расчеты.

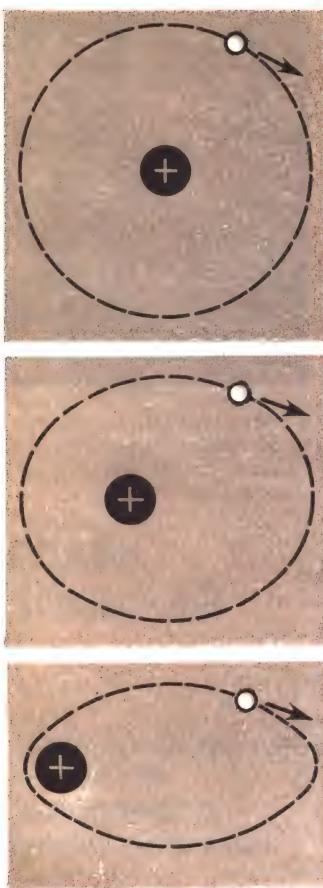
Однако даже в мире, занятом войной, не одного создателя новой атомной теории волновали ее теоретические проблемы. Осенью 1916 года, когда Бору уже казалось, что он нашел объяснение расщепления спектральных линий, почтальон доставил ему пакет с оттисками статей из немецких журналов. Среди них была работа и письмо Зоммерфельда. Мюнхенский теоретик не возражал против утверждения Бора, что ближайшая к ядру орбита вращающегося электрона является круговой. Но он предлагал дополнить вторую боровскую орбиту еще тремя эллиптическими. Все они характеризовались одной и той же энергией, и электрон мог выбрать любую из них, не меняя своего энергетического уровня или состояния. Это предложение снимало недоумение по поводу расщепления спектральных линий. К третьей боровской орбите Зоммерфельд предлагал прибавить восемь эллиптических. Теперь модель атома уже теряла свой простой планетарный характер, представляя собой довольно сложную комбинацию из окружностей и эллипсов, собранных в группы или оболочки.

Эти оболочки, в порядке удаления от ядра, Зоммерфельд обозначил большими буквами латинского алфавита: K, L, M, N, O, P, Q. Одна оболочка от другой отделялась энергетическими ступеньками, каждой из которых должна была соответствовать своя определенная спектральная линия.

Это была прекрасная мысль. Она была не только высказана, но и подкреплена основательными расчетами. А поскольку в Мюнхенском университете на кафедре физики не было в ту пору хорошего спектроскопа, я уж не говорю о том, что сам Зоммерфельд вряд ли справился бы с таким прибором, — он был профессором математики и прирожденным теоретиком, — Зоммерфельд написал в Тюбинген профессору Ф. Пашену. Он просил



А. Зоммерфельд — выдающийся теоретик периода становления науки об атоме.



Орбиты Зоммерфельда.

того проверить, подтверждаются ли его теоретические расчеты на опыте.

Пашен очень тщательно подготовил и провел исследование. Предположения Зоммерфельда подтвердились.

Успех Зоммерфельда вызвал настоящее ликовение в рядах физиков. «Уж теперь-то, — убеждали они друг друга, — теория атома наверняка получила свой окончательный и законченный вид. Можно от структуры простейшего атома перейти к более сложным и там попробовать, наконец, объяснить и периодичность элементов с «нормальными» физических позиций атомного строения...». Но не тут-то было. Постепенно ликующие крики раздавались все тише. Теория Бора с дополнениями Зоммерфельда давала неплохие результаты, но по-прежнему только для одноэлектронных систем. Спектры сложных атомов со многими электронами расчетам так и не поддавались. А значит, и описать более сложные, чем водород, атомные структуры эта комбинированная теория, как и раньше, не могла. Обнаружились у нее и другие недостатки. Теория Бора не могла ответить — почему одни спектральные линии ярче других. Ведь это означало, что переходы между одними орбитами происходят с большей вероятностью, чем между другими.

Но самый главный недостаток теории заключался в том, что она оказывалась бессильной объяснить, как отдельные атомы взаимодействуют друг с другом, образуя вещество со всеми присущими ему химическими и физическими свойствами. Здесь предстояло еще немало работы. Но теория Бора была первой брешью, пробитой в стене неведения, которая отгораживала человека от микромира. Она знаменовала собой решительный поворот в научном мышлении и показывала, что для построения полной атомной теории к микроявлениям требуется новый и более общий подход.

**РАССКАЗЫВАЮТ**, что летом 1922 года Бора пригласили в Геттинген прочесть цикл лекций. Послушать его приехал из Берлина профессор Зоммерфельд и привез с собой двух своих лучших студентов — Вернера Гейзенберга и Вольфганга Паули. На одной из дискуссий, часто возникавших после лекций, девятнадцатилетний Гейзенберг заявил, что в расчетах, которыми пользовался Бор, кроется ошибка. Он вышел к доске и показал ее лектору. Бор пришел в восторг. Он пригласил ретивого студента пойти вместе погулять, чтобы без помех закончить спор. По пути к ним присоединился Паули, который тоже включился в дискуссию.

Бор был так доволен этой беседой, что пригласил обоих молодых людей к себе в Копенгаген в свой институт в качестве сотрудников. Оба приехали. И оба вместе с Бором стали участниками возведения основ квантовой механики, о которой так часто приходится упоминать в этой книге.

Рассматривая строение многоэлектронных атомов, Бор предположил, что они имеют многослойный вид, состоят как бы из нескольких оболочек. При этом электроны по оболочкам располагаются вовсе не как попало, а в определенном порядке. Изучая химические и физические свойства различных элементов, Бор пришел к выводу, что на первой оболочке могут находиться не больше, чем два электрона, на второй и третьей — по восемь, на четвертой — восемнадцать и так далее. Он чувствовал, что

предположение правильное, но убедительно объяснить его на должном теоретическом уровне не мог. Пришлось вводить его в теорию также в виде постулата.

Но теория, построенная на слишком большом количестве необъяснимых допущений — постулатов, доверием не пользуется. И чем меньше в фундаменте теории допущений, тем ближе она к действительности.

Ученым предстояло во что бы то ни стало найти объяснения постулатам, угаданным Бором, и превратить их из «произвольных» допущений в новые законы природы, законы нового, только что открытого микромира.



## ПРИМЕЧАНИЕ № 2,

в котором читатели найдут объяснение некоторых философских терминов, встречающихся в нашей книжке.

**ПОСТУЛАТ** — происходит от латинского слова «требование». Термин может иметь несколько значений в зависимости от широты его применения. Так, в самом общем смысле постулатом называется исходное положение, которое в силу своей очевидности не нуждается в доказательстве. Но постулатом можно назвать и такое утверждение, которое в принципе может быть доказано, однако в рассматриваемой области в этом не нуждается и потому принимается без доказательств.

Наконец, постулатом может служить и не абсолютно очевидная мысль, которая лишь с точки зрения поставленной задачи обладает определенными преимуществами перед аналогичными другими мыслями или идеями.

Иногда постулат отождествляют с аксиомами.

**АКСИОМА** — происходит от греческого слова «считаю достойным». Аксиомой в Древней Греции считали совершенно очевидное положение, которое не требовало никаких доказательств вообще. Начиная с Аристотеля многие философы считали, что в мире существуют такие вечные и непреложные истины, которые не зависят ни от человека, ни от его опыта, ни от конкретных условий, в которых проводился опыт. Они даны человеку свыше и даны с рождения.

Однако уже построение неевклидовой геометрии Лобачевским нанесло сильнейший удар по такому взгляду. И сегодня мы понимаем, что только практика и многовековой человеческий опыт позволяют говорить об очевидности истин, рассматриваемых нами как аксиомы. Ни одна из них не может считаться вечной и непреложной, поскольку условия опытов постоянно меняются и глубина проникновения человека в суть явлений год от года увеличивается. Значит, аксиомой мы должны называть лишь исходное положение для некоторой теории. Такую истину, которая только в рамках данной теории не нуждается в доказательствах и на ней, как на фундаменте, можно строить дальнейшие выводы.

Часто постулаты и аксиомы используются для построения теорий. Те и другие берутся в качестве основ, из которых логически, путем рассуждений и доказательств, выводятся все остальные положения данной теории или теоремы.

**ПРИНЦИП** — происходит от латинского слова «начало» или «основа». Этот термин употребляется в связи с самыми различными сферами человеческой деятельности и обозначает то, что лежит в основе рассматриваемых явлений.

С принципами связан важный метод построения физических теорий. Для этого определяется небольшая группа принципов как основных положений, принимаемых без доказательств, и из них,

Когда Нильсу Бору исполнилось 60 лет.

как следствия, выводятся математическим путем все заключения, необходимые для данной теории.

Создателем метода принципов был Ньютон, построивший таким образом классическую механику. Теориями, построенными с помощью метода принципов, можно считать классическую термодинамику, теорию относительности и т. д. Применяется метод принципов часто совместно с методом гипотез.

**ГИПОТЕЗА** — происходит от греческого слова «предположение». Гипотезой называют обычно предположение о связи или причинах или зависимостях между наблюдаемыми явлениями. С помощью гипотез часто пытаются раскрыть внутренний механизм таких явлений.

Так же как и принцип, гипотеза играет чрезвычайно важную роль в построении теорий. Но если раньше, в самом начале развития физики, гипотезы помогали строить наглядные физические модели, то в современной физике ученые оперируют математическими моделями для объяснения изучаемых явлений. Потому что сегодня физика часто изучает такие объекты окружающей действительности, которым никак не удается подобрать соответствующие наглядные образы, связанные с привычной деятельностью человека в макромире.

**ТЕОРИЯ** — происходит от греческого слова «рассматриваю», «исследую». В нашем случае этот термин определяет систему взаимосвязанных идей, гипотез и законов, дающих достоверное описание объективных закономерностей, наблюдаемых в определенной области исследуемых явлений.

Тесно связанная с практикой и вытекающая из нее, теория тем не менее отличается от опыта (эмпирического) знания. В теории переход от одного утверждения к другому возможен путем логического вывода или математического доказательства без непосредственного обращения при этом к чувственному опыту за подтверждением.

Есть описательные теории, такие, как эволюционная теория Дарвина или физиологическая теория Павлова. А есть теории математизированные, о которых речь идет в основном в нашей книжке. Они заменяют реальный исследуемый объект некоторой идеальной математической моделью и распространяют законы, выведенные для этой абстракции, на реальные объекты самой разной природы.

Третим типом являются дедуктивные теории, построенные с помощью аксиоматического метода на основе логики.

## КАК УСТРОЕНЫ МОЛЕКУЛЫ И ПОЧЕМУ ОНИ НЕ РАЗВАЛИВАЮТСЯ НА ОТДЕЛЬНЫЕ АТОМЫ?

Процессами превращения молекул, при их взаимодействиях друг с другом и при воздействии на них тепла, света или электричества, занимается химия. Это известно. С давних пор химики неутомимо создают новые вещества, разрушают одни молекулы и строят из их обломков другие.

До рождения новой атомной физики никто особенно не задумывался, почему такое конструирование возможно. Слишком многое могли сделать химики, слишком много интересных реакций существовало на свете, чтобы задумываться еще и над причинами, позволяющими этим реакциям происходить.

Такой вопрос мог показаться даже проницнутым неким алхимическим душком...

Впрочем, то время миновало. В конце концов главными вопросами науки химии стали: что объединяет атомы в молекулы и почему молекулы вступают в реакции друг с другом? И эти вопросы требовали своего решения.

Однако прежде чем начать распутывать этот клубок проблем, давайте вспомним несколько определений, которые могут нам в дальнейшем понадобиться. Первое — что такое валентность?

Помните, в школе на уроках химии учитель не раз говорил, что валентность атома какого-либо химического элемента определяется количеством атомов водорода, которые он способен присоединить к себе или заменить в другом соединении.

Как для атомного веса, так и для валентности атом водорода принимался за единицу.

Было и другое определение валентности, как способности элементов к насыщению.

Остановимся немного на этих определениях. Если один атом способен присоединить к себе другой, значит, он обладает силой притяжения. Но какие же это силы, если они обладают насыщением?

Произведем мысленный эксперимент. Солнце притягивает к себе планеты. Сейчас их девять. Есть предположение, что раньше где-то между Марсом и Юпитером существовала десятая, взорвавшаяся по каким-то причинам. Так вот: стала ли сила солнечного притяжения после исчезновения одной планеты для остальных больше или меньше?

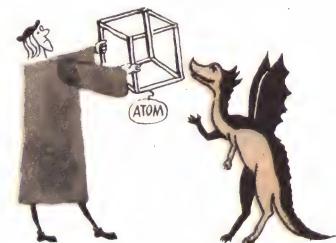
Конечно нет! Не изменится она и в том случае, если в будущем космостроители соорудят на орбите Земли и еще одну планету... Сила солнечного притяжения не зависит от того, сколько планет оно притягивает.

Точно так же не меняется и сила магнита, если притянуть к одному из полюсов железный гвоздь, а к гвоздю — утюг...

Ни силы тяготения, ни магнитные не обладают насыщенностю. А химические силы — обладают. Что же это за особенность такая?

В 1916 году американский химик Джильберт Ньютон Льюис (1875—1946) выдвинул идею кубического атома. Он предположил, что система из двух или восьми электронов должна обладать максимальной устойчивостью. Поэтому, дескать, гелий, атом которого имеет два электрона, химически инертен и находится в нулевой группе периодической системы. В атоме неона два внутренних электрона окружены устойчивым кубом, образованным системой из восьми электронов. У аргона этот куб окружен еще одним. Все перечисленные элементы инертны.

Если же в атоме для замыкания кубической системы недостает электронов, то такой атом стремится либо дополнить свою структуру, либо отдать лишнее. Лишь бы стать похожим на гелий или неон.



Ваша идея, конечно, безумна. Весь вопрос в том, достаточно ли она безумна, чтобы оказаться правильной.

Н. Боп

В молекулы, по идее Льюиса, атомы объединялись тоже по такому же принципу, дополняя общую внешнюю оболочку до замкнутого двух- или восьмиэлектронного состояния.

В общем, идея была любопытной. И результаты она давала неплохие. Вот только объяснения не находилось, почему именно два и восемь электронов образуют устойчивую систему...

Однако законченная теория устойчивости электронных орбит могла быть построена лишь после завершения теории строения атома. Именно это был узловой вопрос, на котором встретились дороги химии и физики.

## ПРИНЦИП ЗАПРЕТА ВОЛЬФГАНГА ПАУЛИ

В 1922 году в Геттингене Бор читал цикл лекций, посвященный анализу периодического закона Д. И. Менделеева. И снова возник вопрос: почему же не все электроны заполняют самую нижнюю оболочку атома? Ведь там они имели бы наименьшую энергию, а значит, и система атома в таком состоянии была бы наиболее устойчивой.

Помните критерий устойчивости? Он гласит, что положение равновесия любой механической системы устойчиво, если в этом положении потенциальная энергия системы минимальна.

В школе на уроках физики достаточно говорят об энергии взаимодействия тел, будь то планеты или звезды, взаимодействующие друг с другом в поле тяготения, или заряды в электрическом поле. Чем больше запас энергии у электрона, тем дальше от ядра проходит его орбита. Чем меньше энергии, тем ближе орбита к ядру. Почему же электроны располагаются не только на ближней, но и на других орбитах? Бор не смог ответить на этот вопрос. Он чувствовал, что должно было существовать какое-то общее правило заполнения электронных оболочек в атомах, которое не пускало лишних жильцов на нижний этаж, но в чем это правило заключалось?.. Без него электронные оболочки никак не построить, а значит, и не объяснить до конца порядок следования элементов в периодической системе.

С этой же трудностью столкнулся два года спустя молодой физик Вольфганг Паули (1900—1958). Коллеги называли его «Паули-младший». поскольку его отца — профессора Венского университета — тоже звали Вольфгангом.

Паули-младший в 1921 году окончил Мюнхенский университет и целый учебный год проработал в Геттингене преподавателем физики. Любили ли его студенты? Пожалуй, да, хотя и побаивались. Молодой преподаватель был очень увлекающимся человеком, с необычайно острым умом и ясностью мысли. Особенно ярко эти

качества проявлялись в спорах. Победить его на дискуссии было практически невозможно. Он полемизировал с «железной» логикой. После года работы в Геттингене Паули уехал в Копенгаген к Бору. А в 1923 году ученый совет Гамбургского университета избрал его приват-доцентом.

По традиции большинства учебных заведений, вступая в новую должность, каждый претендент должен читать оригинальную лекцию по собственному выбору. Эта лекция играет не столько роль экзамена, сколько является заявкой на научные интересы. Имеет она всегда и престижное значение.

Паули выбрал темой своего сообщения периодическую систему элементов. Лекцию прочел, но... остался весьма ею недоволен, потому что, как понимал сам, не смог ни на шаг продвинуться в решении проблемы, сформулированной Бором: вывести правило заполнения электронами оболочек в атомах.

А теперь, прежде чем продолжать рассказ об устойчивости электронных систем, давайте сделаем отступление и поговорим... о фруктах.

Скажите, если бы перед вами положили два яблока, по каким свойствам стали бы вы их различать? Ну, по величине — раз. По запаху — два. По цвету — три. Наконец, по вкусу — главный критерий.

А как различать между собой электроны?... Эти частицы не увидишь, не взвесишь, не понюхаешь и, уж конечно, не попробуешь. Вообще-то все они одинаковые. Одинаковые по величине и по массе покоя. Все электроны имеют одинаковый электрический заряд. Отличаются они только состоянием, в котором находятся, пребывая в той или иной атомной оболочке. Для характеристики этих состояний физики ввели так называемые квантовые числа. Они определяли собой энергию, орбитальный момент количества движения или импульса, орбитальный магнитный момент и, предложенное Паули, особое внутреннее свойство «двузначности» электрона, названное позже спином. Все эти характеристики многие из вас знают из школьного курса физики, а те, кто еще с ними не знаком, могут прочесть о них в «Примечании № 3».

Паули пришел к выводу, что в атоме не может существовать двух электронов, характеризующихся одинаковыми квантовыми числами.

Это правило, оказавшееся справедливым для всех атомов, назвали «принципом запрета Паули», и физики получили из него множество следствий. Главное же заключалось в том, что именно принцип запрета Паули дал ключ к окончательному теоретическому объяснению такого наиболее фундаментального закона природы, каким является периодический закон элементов, выведенный Дмитрием Ивановичем Менделеевым.

Атомная теория Бора—Зоммерфельда, модель атома и принцип Паули позволили построить весьма рациональную теорию распределения электронов по различ-



В. Паули-младший, замечательный ученый, человек, обладавший железной логикой и мягкой душой.

ным оболочкам и прекрасно объясняли химические и спектроскопические свойства элементов.

Но система оставалась по-прежнему устойчивой только у атома водорода. Теория Бора—Зоммерфельда позволяла достаточно точно рассчитывать спектры водорода и подобных ему одноэлектронных атомов. Но уже в расчетах спектральных линий гелия — второго элемента в периодической таблице — она не давала таких же точных результатов. Еще хуже обстояли дела с более сложными атомами.

Главная неприятность заключалась в том, что гипотеза Бора не удовлетворяла основному критерию, который он сам сформулировал и который получил название «принципа соответствия». Он гласил: «теории, справедливость которых установлена для той или иной предметной области, с появлением новых теорий, более общих, не должны устраниться как ложные. Они должны сохранять свое значение для прежней области и входить в новую теорию как частный случай».

Эту идею использовал еще великий русский математик Николай Иванович Лобачевский при создании своей геометрии. Но возвел ее в ранг абсолютно необходимого принципа Нильс Бор.

Впрочем, он сам неоднократно подчеркивал временный характер своей теории, считая ее скорее первоначальным сводом законов, надерганных из классической механики, электродинамики и теории квантов и приспособленных лишь пока к миру атомов. Тем не менее разработанная им теория дала направление дальнейшим поискам, дала основу для развития нового учения об атоме. Очень скоро были разработаны новые теории, основанные на ином подходе к микромиру. И как бы они ни отличались от боровской — все они могли рассматриваться как ее дальнейшее усовершенствование. Но для этого понадобились новые представления, новый взгляд на природу атома, на материю.

### ПРИМЕЧАНИЕ № 3,

в котором читатель найдет напоминание о квантовых числах, позволяющих отличать невидимые частицы друг от друга.

Квантовыми числами называют целые или полуцелые числа, определяющие те дискретные значения физических величин, которыми могут обладать системы, подчиняющиеся квантовым законам.

Ведь в чем состояла главная «непривычность квантовой механики» для физиков, воспитанных на законах классической науки? В том, что физические величины, которые в макромире принимали любые непрерывные значения, в микромире подчинялись квантованию, то есть менялись лишь порциями — квантами. Это было очень необычно и удивительно.

Бор ввел квантовые числа в свою теорию атома. Получились они у него тогда, когда на классическое движение такой системы, как атом водорода, состоящий из ядра и врачающегося вокруг него электрона, Бор наложил дополнительные квантовые условия...

Представьте себе просто обычную механическую систему: одно, меньшее, тело обращается по замкнутой орбите вокруг другого тела большей массы. Чем характеризуется такая система? Прежде всего — энергией. Энергия зависит от орбиты. А чем можно характеризовать орбиту?.. Радиусом, затем вытянутостью. Можно еще — ориентацией, то есть углом между осью магнитного поля и перпендикуляром — нормалью к плоскости орбиты.

Все это Бор предусмотрел. И лишь одним отличались характеристики электронной орбиты, скажем, от таких же характеристик орбиты Земли вокруг Солнца или Луны вокруг Земли. Характеристики электронных орбит квантовались. То есть они могли меняться скачками, а не непрерывно. Так и получились первые три квантовых числа, характеризующих состояние атома.

Самое первое Главное Квантовое Число —  $n$  характеризует энергию электрона.

Оно показывает также среднее расстояние от ядра, на котором проходит электронная орбита. Вы ведь помните, что электронные орбиты могут быть круговыми и эллиптическими. Так вот среднее расстояние и тех и других от ядра, если они характеризуются одним Главным Квантовым Числом, должно быть одинаковым.

Для наглядности я нарисовал здесь три электронных конфигурации простейшего атома с возможными эллиптическими орбитами, определяющимися одним Главным Квантовым Числом.

Я думаю, вам понятно, что таких оболочек в сложных атомах со многими электронами несколько. Каждая из них имеет свое Главное Квантовое Число  $n$ , которое может принимать все целые значения, начиная от единицы:  $n = 1, 2, 3, 4, \dots$

Кроме Главного Квантового Числа, энергия электрона обычно зависит еще и от того, насколько сплюснута его орбита. Это влияние учитывает второе — Орбитальное Квантовое Число Зоммерфельда или орбитальный момент количества движения.

Круговая орбита, представляющая собой частный случай эллипса, имеет наибольший момент количества движения. Орбита в виде наиболье вытянутого эллипса имеет наименьший момент импульса.

Кстати, в случае эллиптической орбиты ядро атома всегда находится в одном из фокусов эллипса. (Массой электрона, вносящей поправку в это правило, мы по сравнению с массой ядра пренебрегаем.)

Момент импульса обозначается буквой  $l$  и при заданном Главном Квантовом Числе  $n$  может принимать все значения от нуля и до  $(n - 1)$ .

Третье квантовое число обозначается буквой  $m$  и определяет положение плоскости электронной орбиты в магнитном поле. Оно может принимать  $(2l + 1)$  значений, как положительных, так и отрицательных, начиная от нуля.

Например, при  $l = 1$  магнитный момент может принимать три значения:  $2l + 1 = 2 \times 1 + 1 = 3$ . Первое получается — 0, потом +1 и —1.

При  $l = 2, m = 2 \times 2 + 1 = 5$ ; опять начинаем с нуля и получается такой ряд: —2, —1, 0, +1, +2.

Четвертое квантовое число было введено Паули. Он назвал его «неклассической двузначностью электрона», поскольку оно могло принимать только два значения  $+1/2$  и  $-1/2$ . Паули считал, что наглядно представить себе эту характеристику невозможно. Но прошел год, и некоторую наглядность она получила вместе с названием «спин», происходящим от английского глагола «to spin», что означает «вращаться». Обозначили ее латинской буквой « $S$ » и нарекли «внутренним моментом вращения электрона». В те годы еще электроны представляли маленькими шариками, облетающими атомное ядро по замкнутым орбитам. В дальнейшем понятие спина перестали связывать с движением частицы как единого целого. Поэтому что спин имел квантовую природу и образ единого врачающегося тела мог быть принят только в качестве грубой аналогии. Спин стал характерным для каждого sorta частиц целым или полуцелым положительным числом.



Вэритас: «Что такое  $h$ ?»

Ляпсус: «Постоянная Планка».

Вэритас: «А что означает черточка на  $h$ ?»

Ляпсус: «Высоту этой планки!»



## ГЛАВА ДЕВЯТАЯ

### ЭЛЕКТРОН — ЧАСТИЦА? ЭЛЕКТРОН — ВОЛНА?

В 1911 году французский физик Морис де Бройль вернулся с первого Сольвеевского конгресса. Эрнест Сольвеев — бельгийский капиталист, известный изобретатель аммиачного способа производства соды, выделил средства на организацию международных съездов физиков, на которых должны были решаться самые острые проблемы науки. Эту идею ему подал профессор Вальтер Нернст в Берлине. И богач после конгресса учредил Международный институт физики, в распоряжение которого передал миллион франков.

Первый Сольвеевский конгресс был посвящен теме «Излучение и кванты».

Трудно даже передать, с каким восторгом Морис де Бройль рассказывал об этом форуме ведущих европейских ученых сотрудникам своей лаборатории. Сотрудники внимательно слушали. Сотрудники удивлялись. Но самое большое впечатление рассказ произвел на младшего брата хозяина лаборатории — Луи де Бройля. Ему было тогда девятнадцать. И он серьезно собирался специализироваться в области истории средних веков. Право же, фамилии маркизов де Бройль хватило бы и одного физика. Но после рассказов брата все переменилось. Заброшена оказалась история, и на первый план вышла физика.

Когда Луи де Бройль заканчивал университет, физики уже в основном согласились с двойственной природой света и вообще электромагнитного излучения. И в зави-

сности от того, какое явление исследовалось, применяли либо волновую, либо корпускулярную теорию.

Это было время, о котором известный английский физик Уильям Брэгг сказал однажды с иронией: «В понедельник, среду и пятницу мы принимаем одну гипотезу, во вторник, четверг и субботу — другую».

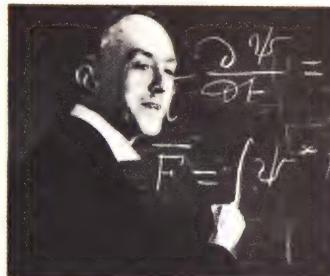
Темой диссертации выпускника университета Луи де Б्रойля стало «Исследование по теории квантов». Тема мучительно трудная, в ходе работы над которой докторант понял, что если не найдет какого-то своего хода, может быть, близкой аналогии поведению электрона на атомной орбите, то никогда как следует не разберется в причинах устойчивости боровского атома.

Внимательно изучая работу Эйнштейна о фотоэффекте, Луи де Б्रойль обратил внимание на то, что, по его собственным словам, «соотношение между частотой и энергией, установленное Эйнштейном на основании теории фотонов, тесно связывает дуализм (волна-частица) излучения с существованием квантов». Но постоянная Планка — его знаменитый квант действия, по теории Бора, определял и свойства электронов, оправдывая их способность находиться лишь на определенных орбитах, а не подчиняться законам классической механики. Так не предположить ли, что и электрону свойствен такой же дуализм, как и частицам света — фотонам?.. То есть не могут ли электроны прикидываться в некоторых случаях волнами?

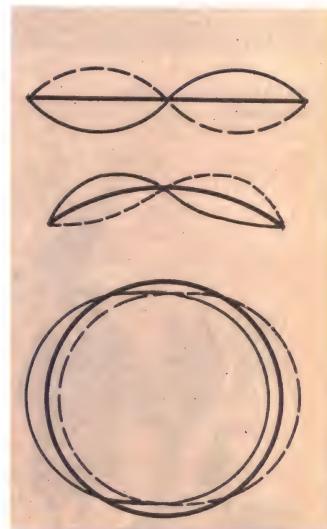
Согласитесь, что мысль не просто фантастическая, но и весьма дерзкая. В то время ни у кого даже сомнений не возникало, что электрон — частица... Только, может быть, какая-то странная частица. И вдруг — волна. Мало того, де Б्रойль предлагал считать, что вообще все так называемые частицы, известные физикам — а в то время это были кроме электронов еще и протоны, и альфа-частицы, и сами атомы, — обладают «дуалистической природой, аналогичной природе фотона, и это проявление двойственных свойств, волновых и корпускулярных, связано с квантом Планка.

При этом де Б्रойль совершенно определенно предложил считать, что частице с массой  $m$ , движущейся со скоростью  $v$ , должна соответствовать волна, длина которой  $\lambda = \frac{h}{mv}$ .

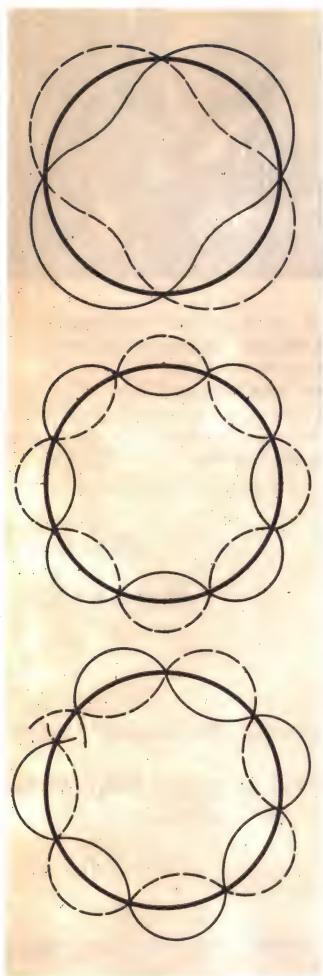
Здесь следует сделать одно важное замечание. Волновые свойства бывают видны, когда длина волны хотя бы сравнима с размерами огибаемого тела. По формуле де Б्रойля получалось, что чем больше тело, тем короче длина соответствующей ему волны. Легко подсчитать, что для крупинки весом в один грамм, движущейся со скоростью, скажем, один сантиметр в секунду, длина соответствующей волны будет в миллиарды миллиардов раз короче волн видимого света. И только перейдя к объектам атомного масштаба, мы получим волны, длины которых сравнимы с самими объектами.



Л. де Б्रойль — человек, который заложил основы нового взгляда на окружающий мир. Он предположил, что любые частицы можно рассматривать в виде волн.



Если струну свернуть в кольцо.



Почему целое число полуволн?

Честно говоря, все это было в высшей степени туманно, потому что непонятно было, о какой волне шла речь и как ее следовало искать. Самому де Бройлю не хватало какой-то привычной аналогии. Не будем забывать, что и он воспитывался на классических понятиях... Но вот однажды у него возникла идея сравнить электрон с колеблющейся струной. Еще во времена Пифагора было известно, что струна звучит приятно, когда издает основной тон или первый обертон, второй...

А что такое основной тон? Это режим колебаний струны, когда она колеблется вся как единое целое. На всей ее длине укладывается половина длины звуковой волны. При первом обертона на длине струны укладываются две полуволны, на втором обертоне — три и так далее. Общий закон: по всей длине струны должно укладываться целое число полуволн только тогда, теоретически конечно, когда она будет колебаться гармонически. Колебания ее будут убывать медленно. И если бы не было трения, то в идеале они оставались бы вечными, незатухающими.

«А нельзя ли представить себе орбиту электрона струной, свернутой в кольцо? — подумал де Бройль. — Тогда движение электрона по орбите будет колебанием этой струны... А устойчивыми орбитами должны быть те, на которых так же, как на струне, уложится целое число «полуволн».

Почему «целое число полуволн»? Посмотрите на рисунок... Обежав всю орбиту, волна плавно переходит в саму себя только в том случае, если длина орбиты кратна длине волны. В противном случае «начало» волны наложится на ее «хвост» не в такт, и волна скоро затухнет. Иными словами, «целое число полуволн» должно соответствовать боровскому требованию квантования всех электронных характеристик.

И вот радость — длина волны по его формуле точно уложилась на квантовых орбитах атома, разрешенных теорией Бора. Но одновременно с радостью успеха усугубились и старые противоречия. Уже после работ Планка и Эйнштейна одна из руководящих идей классической физики XIX столетия — непрерывность такой физической величины, как энергия, оказалась под угрозой. Планк ввел дискретность (порционность) в теорию излучения черного тела. Эйнштейн с помощью квантов объяснил фотоэффект. Похоже было, что свет переносит энергию строго определенными порциями, которые зависят от его частоты. А это означало, что в некоторых случаях электромагнитные волны могли вести себя, как частицы.

Но мало того. Если после работ Планка и Эйнштейна волны могли в некоторых случаях вести себя как частицы, перенося энергию квантами, что было само по себе весьма противоречивым, то после работ де Бройля противоречия усугубились. Французский физик по существу настаивал на том, что и «частицы» можно рассматривать как волны. То есть, иначе говоря, он всем без

исключения физическим объектам присваивал и дискретные, и волновые свойства. Но разве можно примирить эти два столь не похожие, даже, можно сказать, противоположные понятия: ограниченные в пространстве, локальные объекты-частицы и протяженные, непрерывно распределенные волны? Такое несообразие приводило буквально в отчаяние физиков. Оно должно было быть разрешено! И как можно скорее.

В 1912 году немецкий физик Макс Феликс Теодор Лауэ (1879—1960) предложил своим коллегам Вальтеру Фридриху и Паулю Книппингу программу опыта, который безоговорочно бы доказал, что рентгеновские лучи — электромагнитные волны.

Опыт по дифракции рентгеновских лучей был поставлен, и его результаты действительно подтвердили предсказание Лауэ. И хотя автор идеи эксперимента, заканчивая свои расчеты, и допускал, что природа первичного рентгеновского луча могла быть в принципе корпускулярной (в понятие «корпускулы» Лауэ включал и световые кванты), сторонники классической физики были довольны. Да и как могло быть иначе, когда все эффекты, сопровождавшие рентгеновское излучение, достаточно хорошо объяснялись теорией Максвелла.

Работа Лауэ произвела на современников такое большое впечатление, что в 1914 году ему была присуждена Нобелевская премия «За открытие дифракции рентгеновских лучей в кристаллах». Вы, конечно, помните, что дифракция — явление чисто волновое.

Это было действительно значительное открытие, следом за которым началось бурное развитие и изучение рентгеновских спектров. А эти исследования сыграли немаловажную роль в подготовке и становлении боровской теории атома.

Но пристальное внимание ученых к одной какой-нибудь области науки никогда «не доводило до добра». И действительно, скоро у исследователей стали появляться одна за другой трудности. Не во всех случаях поведение рентгеновских лучей удавалось объяснить с помощью классической волновой теории.

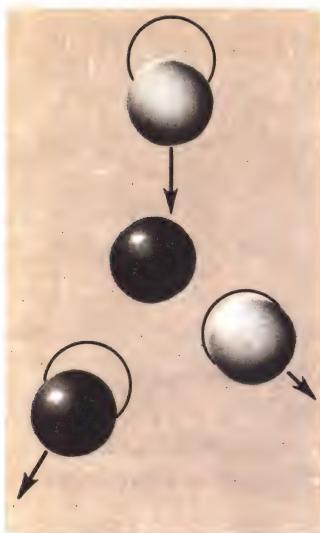
В 1922 году американский физик Артур Комптон (1892—1962) обнаружил новое явление, которое уж никак не подчинялось теории Максвелла. В опыте Комптона излучение рентгеновских лучей с молибденового анодиката рассеивалось на графите и частота рассеянных лучей отличалась от частоты лучей падающих. Почему? ..

Результаты американского физика обсуждались во всех ведущих лабораториях мира. Многие ученые предпринимали попытки объяснить это явление с «полуклас-

## НОБЕЛЕВСКАЯ ПРЕМИЯ — «ЗА» И НОБЕЛЕВСКАЯ ПРЕМИЯ — «ПРОТИВ»



В споре рождается истина.



Биллиардные шары как пример упругих столкновений.

сических» позиций. Некоторые, отчаявшись, пытались попросту отрицать эффект Комптона.

Но вот несколько месяцев спустя после появления первого сообщения об открытом явлении в журнале была напечатана статья самого Комптона, в которой он использовал для объяснения открытого им явления... квантовые представления...

Это было коренным изменением общей точки зрения. Вот как Комптон писал об этом: «Согласно классической теории, каждый рентгеновский луч воздействует на каждый электрон в веществе, сквозь которое он проходит, и наблюдаемое рассеяние связано с суммарным действием всех электронов. С точки зрения квантовой теории мы можем допустить, что каждый конкретный рентгеновский квант рассеивается не всеми электронами излучателя, а расходует свою энергию, взаимодействуя с каким-то одним определенным электроном... рассеивающий электрон будет испытывать отдачу... Энергия рассеянного луча равна энергии падающего луча минус кинетическая энергия отдачи рассеивающего электрона, поскольку рассеянный луч должен быть целым квантом, его частота уменьшится в том же отношении, что и энергия. Таким образом, на основании квантовой теории мы должны ожидать, что длина волны рассеянных рентгеновских лучей будет больше длины волны падающих лучей».

Эксперимент Комптона был парадоксален по самой своей сути. Исследователь измерял с помощью чисто волнового явления — интерференции — длину волн падающих и рассеянных лучей. А вот влияние рассеивателя на длину волны можно было понять и объяснить только представив себе, что рентгеновские кванты ведут себя как частицы...

Таким образом, рассеяние света на электроне оказалось очень похожим на обычное столкновение двух биллиардных шаров.

Интересно, что сразу же вслед за статьей Комптона появилась в печати еще одна статья на ту же тему. Написал ее известный физик Питер Иозеф Вильгельм Дебай (1884—1966). После работ Лауз он много занимался рассеянием рентгеновских лучей и теоретически пришел к тем же результатам, что и Комптон — экспериментально. Его публикация буквально всего на несколько дней отстала от сообщения Комптона.

В своем исследовании Дебай развивал квантовую теорию рассеяния, опираясь на идеи Эйнштейна. И с помощью иного метода получил те же результаты, что и Комптон. Такая ситуация, когда независимо друг от друга к одному выводу приходят несколько ученых, в истории науки не редкость. И вполне естественно, что при этом кто-то запаздывает с публикацией. Не менее естественно и то, что опоздавшему обидно...

Открытие эффекта Комптона еще больше обострило противоречия между волновой и квантовой теориями.

В 1924 году на Четвертом съезде российской ассоциации физиков проблема «взаимоотношений» между двумя конкурирующими точками зрения и теориями была в центре обсуждения. На съезде выступали такие известные в мировой науке фигуры, как О. Д. Хвольсон, П. С. Эренфест, А. Ф. Иоффе и Н. И. Добронравов, Д. В. Скобельцын. Большинство участников дискуссии защищали квантовую теорию.

И все-таки вопрос о том, что предпочесть — волны или частицы — в утверждении природы света, оставался открытым. А может быть, прав был Эренфест, высказавший в Ленинграде мысль о том, что «ни волновая, ни квантовая теория не в состоянии охватить всей области световых явлений».

В заключение, чтобы оправдать заглавие этого раздела, мне осталось сообщить вам, что в 1927 году Артур Холли Комптон был удостоен Нобелевской премии как раз за то, что, казалось бы, опроверг выводы Лауэ о чисто волновой природе рентгеновских лучей, отмеченные той же премией десять лет назад.

А теперь вернемся к нашей истории.

Окончив Берлинский университет, Вернер Гейзенберг, с которым мы уже знакомились, был назначен ассистентом профессора Макса Борна в Геттингенский университет. Борн весьма интересовался атомной теорией и имел по этому поводу совершенно самостоятельные взгляды. Он был уверен, что атомный микромир настолько отличается от макромира, описанного классической физикой, что ученым нечего и думать пользоваться при изучении строения атома привычными понятиями о движении и времени, скорости, пространстве и определенном положении частиц. В мире атомов, по мнению профессора Борна, не было правил для классических измерений и не могло быть часов для отметки временных интервалов. Основа микромира — кванты, которые не следовало пытаться понять или объяснить с наглядных позиций устаревшей классики. Нужно было просто научиться ими пользоваться! Эта радикальная философия нашла горячий отклик в душе его нового ассистента.

Действительно, состояние атомной физики напоминало в это время какое-то нагромождение гипотез. Вот если бы кому-нибудь удалось на опыте доказать, что электрон действительно волна, вернее и частица и волна... Но таких опытов пока не было. А раз так, то и исходить из одних только предположений, что представляет собой электрон, по мнению педантичного Гейзенberга, было некорректно. А нельзя ли создать теорию, в которой будут только известные экспериментальные

## МОДЕЛЬ АТОМА НАГЛЯДНЫХ АНАЛОГИЙ НЕ ИМЕЕТ

данные об атоме, полученные при изучении излучаемого им света? Что можно сказать об этом свете наверняка? Что он имеет такую-то частоту и такую-то интенсивность, не больше...

По теории квантов атом испускает свет, переходя из одного энергетического состояния в другое. А по теории Эйнштейна интенсивность света определенной частоты зависит от количества фотонов. Значит, можно было попытаться связать интенсивность излучения с вероятностью атомных переходов... И никаких орбит, никаких оболочек. Никаких вообще аналогий, поскольку все они гипотетичны. Квантовые колебания электронов, уверял Гейзенберг, нужно представлять только с помощью чисто математических соотношений. Надо лишь подобрать для этого подходящий математический аппарат. Молодой ученый выбрал матрицы. Выбор оказался удачным, и скоро его теория была готова. Работа Гейзенberга заложила основы науки о движении микроскопических частиц — квантовой механики.

В ней вообще не говорится ни о каком движении электрона. Движения в прежнем смысле этого слова не существует. Матрицы описывают просто изменение состояния системы. Потому спорные вопросы об устойчивости атома, о вращении электронов вокруг ядра и о его излучении отпадают сами собой.

Вместо орбиты в механике Гейзенберга электрон характеризуется набором или таблицей отдельных чисел. Вроде координат на географической карте. Но это, конечно, не координаты...

Надо сказать, что матричная механика появилась весьма кстати. Идеи Гейзенберга подхватили другие физики и скоро, по выражению Бора, она приобрела «вид, который по своей логической завершенности и общности мог конкурировать с классической механикой».

Впрочем, было в работе Гейзенберга и одно удручающее обстоятельство. По его словам, ему никак не удавалось вывести из новой теории простой спектр водорода. И каково было его удивление, когда некоторое время спустя после опубликования его работы... «Паули преподнес мне сюрприз: законченную квантовую механику атома водорода. Мой ответ от 3 ноября начался словами: «Едва ли нужно писать, как сильно я радуюсь новой теории атома водорода и насколько велико мое удивление, что Вы так быстро смогли ее разработать».

Почти в то же самое время теорией атома с помощью новой механики занимался и английский физик Поль Адриен Морис Дирак. Он по-своему толковал квантовую теорию, для которой развел особую символическую алгебру состояний и наблюдаемых величин.

И у Гейзенберга и у Дирака вычисления носили крайне абстрактный характер. Никто из них не уточнял сущность употребляемых символов. И лишь в конце вычислений вся их математическая схема давала правильный результат. Так было у одного, так было и у другого.



Есть люди, которым стоит на минуту остановиться возле любого физического прибора, как тот немедленно выходит из строя. Такие люди называются физиками-теоретиками.

Юмър физиков-экспериментаторов

Математические аппараты, которыми пользовались Гейзенберг и Дирак при разработке теорий атома в новой механике, были для большинства физиков и непривычны, и сложны. Не говоря уже о том, что никто из них, несмотря на все ухищрения, не мог свыкнуться с мыслью, что волна — это частица, а частица — волна. Как представить себе такого оборотня?

Мы часто любим повторять, что все новое — это хорошо забытое старое. В какой-то мере это правильно. Но я надеюсь, что никто из читателей не понимает эту истину слишком буквально. Иначе путь развития человеческой мысли напоминал бы замкнутый круг.

Тем не менее, прежде чем заключить рассказ о рождении квантовой механики работами теоретиков XX столетия, мне бы хотелось на минутку возвратиться на столетие назад.

В первой половине XIX века жил в Ирландии выдающийся математик по имени Вильям Гамильтон (1805—1865). Биографы утверждают, что уже в двенадцатилетнем возрасте под руководством своего дяди — хорошего лингвиста — мальчик изучил не менее двенадцати языков и поражал окружающих своими способностями к быстрому счету. Поступив в Дублинский Тринити-колледж, он показал такие способности, что уже в двадцать два года был назначен королевским астрономом и стал профессором Дублинского университета. Гамильтону принадлежит масса блестящих математических работ.

Примерно в тридцатых годах он задумался над рядом удививших его явлений, которые при всей разнородности своей природы могли описываться одними и теми же математическими выражениями. Возьмем, к примеру, движение тела. Оно прямолинейно и равномерно, пока какая-нибудь сила не выведет тело из этого состояния. Но ведь и волна света в свободном пространстве распространяется прямолинейно и равномерно. Хотя тело и волна — разные вещи.

А теперь представим, что наше тело летит мимо большой тяготеющей массы. Чем ближе оно к ней подлетает, тем сильнее тяготение и тем больше искривляется траектория полета. Может даже случиться так, что тело, захваченное силой притяжения, настолько отклонится от своего пути, что станет описывать замкнутые орбиты вокруг центральной тяготеющей массы. То есть станет ее спутником... Но и луч света, проходя через слоистую среду с разными коэффициентами преломления, отклоняется от своего первоначального направления...

Можно придумать и еще более наглядные механические аналогии для оптических явлений...

Направьте билльярдный шар в жесткий борт — он отразится от него. И так же отражается луч света от гладкой поверхности зеркала...

## ЭЛЕКТРОН — И ВОЛНА, И ЧАСТИЦА...



В. Гамильтон — выдающийся математик прошлого века, создавший удивительно тонкий математический аппарат, широко применяемый в современной физике.



Э. Шредингер — человек, разработавший волновую механику и доказавший, что волновые представления теоретически ни в чем не противоречат представлениям корпускулярным.

Не значит ли это, что уравнения динамики и уравнения оптики имеют единую основу?

Гамильтон написал работу «Общий метод динамики», в которой доказал, что уравнениям динамики можно придать такой вид, при котором они полностью совпадут с уравнениями геометрической оптики. Значит, движение луча можно представлять как движение частицы, а траекторию частицы заменять движением фронта волны. Эта аналогия получила в свое время название «оптико-механической аналогии».

Современники Гамильтона, ошеломленные силой его мысли, почтительно молчали, вряд ли понимая, на что могут понадобиться подобные математические фокусы.

Скажем сразу: все сделанное Гамильтоном нашло себе применение в современной науке. Более того, его математический аппарат — это наиболее тонкий и острый инструмент, с помощью которого сегодня анализируются самые сложные физические процессы.

Но должен был пройти почти целый век, прежде чем люди смогли осознать, что оптико-механическая аналогия представляет собой глубокую физическую закономерность, связывая классическую механику с математическим аппаратом геометрической оптики.

Представления де Бройля о волновом характере вещества формально соответствовали правилам квантования, предложенным Бором, но они лишь заменяли одну гипотезу другой. Ведь де Бройль даже не уточнил природу волн, на существовании которых настаивал. Не говоря уже о том, что никто и никогда на опыте не замечал волновой природы электрона.

Однако мысль, высказанная французским исследователем, была любопытной, и Эйнштейн упомянул о ней в примечании к одной из своих работ. Труды А. Эйнштейна читали все физики мира. Краткое замечание о волнах де Бройля попалось на глаза австрийскому физику Эрвину Шредингеру (1887—1961), профессору Цюрихского университета. Он задумался: являются ли волны электронов настоящими волнами, ну, скажем, как от камня, брошенного в воду, или это лишь математическая абстракция, удобный теоретический образ?

Шредингер отдал предпочтение «настоящим волнам». Он предположил, что атомные орбиты — это никакие не пути, по которым летают шарики-электроны, это даже не электроны-волны в понимании де Бройля, где внутри были все-таки спрятаны частицы. Атомные орбиты, по мнению австрийского профессора, являются просто волнами с определенной формой и частотой.

В понимании Шредингера частицы вообще исчезли, а материя полностью стала волновой. Каждый атом, при желании, можно себе представить как бесконечную чувствительную мембрану, которая пульсирует и колеблется в ритме частот Бора.

Воспользовавшись имеющейся в математике формальной аналогией между способами вычисления в классиче-

ской механике и геометрической оптике (оптико-механической аналогией Гамильтона), Шредингер вывел уравнение, к которому свелась задача вычисления спектра водородного атома у де Бройля. Уравнение оказалось настолько удобным, что и сегодня используется в физике и носит имя своего создателя.

Решая свое уравнение, Шредингер получил в общем виде все основные результаты квантовой теории.

Физики растерялись. Что же это означало? Не следовало ли им, физикам, вообще отказаться от корпускулярных представлений и полностью переключиться на волновые? Не могли же в самом деле две совершенно различные теории — волновая и матричная — механики, описывая с разных позиций процессы, происходившие внутри атома, приводить к единым результатам? ..

А почему бы, собственно говоря, и нет? .. Очень скоро Шредингер доказал, что все вычисления волновой механики можно перевести на язык теории матриц. Обе теории по существу были просто разными математическими формами записи единых процессов и закономерностей, правильно угаданных Нильсом Бором.

Так теоретически были созданы все предпосылки для того, чтобы считать электрон и волной и частицей. Но такое объединение даром в науке не дается.

Представьте себе пушку, которая стреляет одним-единственным электроном. Снаряд ее летит в темный ящик, где нет ни молекулы воздуха, ни атома иного какого-нибудь вещества, ни частицы вообще.

Представьте себе также ученого, вооруженного идеальным микроскопом. Его задача — разглядеть влетевший в ящик электрон и зафиксировать его положение.

Чтобы что-нибудь увидеть, надо на предмет направить луч света, не так ли? Но луч света состоит из частиц-фотонов. Что же произойдет, когда очередь из фотонов обстреляет электрон? Прежде всего под их ударами он изменит направление своего полета. Это нехорошо. Потому что изменится импульс, и мы увидим уже не первоначальный электрон, а измененный. А нельзя ли как-нибудь увидеть электрон, не сбивая его с пути? Такую задачу предложил однажды Гейзенберг своим коллегам в Копенгагене. Физики-теоретики очень любят мысленные эксперименты. Это как бы пробные камни, на которых они проверяют свои идеи.

Коллеги Гейзенberга задумались, но были вынуждены признать, что, пожалуй, никакого иного способа увидеть и не испортить движения электрона придумать нельзя, кроме как уменьшить количество фотонов, обстреливающих летящий электрон, до минимума. Ну, скажем, до одного фотона, но и этого много.

**МИКРОМИР  
КАК ОН ЕСТЬ  
И МИКРОМИР  
КАК МЫ ЕГО «ВИДИМ»**

Гейзенберг предложил уменьшить энергию фотона, «освещавшего» электрон, настолько, чтобы он не оказывал на летящий электрон никакого воздействия. Как это сделать? Можно попробовать, зная, что энергия фотона по формуле Планка пропорциональна частоте  $E = h\nu$ , уменьшать частоту, то есть увеличивать длину световой волны. Но чем длиннее волна света, тем более расплывчатыми станут границы и контуры мелкого предмета в нашем сверхмикроскопе...



В. Гейзенберг и Н. Бор  
в столовой Копенгагенского  
института.

Что же получается? Ясно увидеть частицу (иначе говоря — определить ее положение) можно, лишь соглашившись на то, что при этом будет в корне испорчено ее движение (скорость, траектория, импульс).

А определить движение частицы можно, лишь соглашившись с тем, что мы заранее откажемся от знания ее местонахождения...

Этот вывод был назван Гейзенбергом «соотношением неопределенностей». Он сыграл весьма важную роль во всем дальнейшем развитии физики микромира.

Многие физики и философы, познакомившись с новым принципом, почувствовали растерянность. Ведь с самого начала, с самого возникновения точной науки физики, ученые пребывали в уверенности, что любое движение и развитие материального мира имеют свои причины и однозначно подчиняются строгим и определенным законам природы.

Подобный взгляд был наиболее четко выражен французским математиком и астрономом П. Лапласом, утверждавшим, что если бы существовал такой разум, ко-

торый имел бы полные сведения о состоянии Вселенной в данный момент, то для него «не существовало бы ничего недостоверного, и будущее, как и прошедшее, было бы в его глазах настоящим».

Надо признать, что у ученых классического периода физики были основания для подобного утверждения. Зная силы, действующие в мировом пространстве, астрономы с большой точностью, например, предсказывали солнечные затмения. Зная направление и силу удара, специалисты по механике могли заранее начертить траекторию движения биллиардного шара.

И если согласиться с тем, что весь наш мир, вся наша Вселенная получила некогда в начале своего «создания» общий толчок, то можно было прийти к выводу, что именно этот первоначальный толчок и предопределил все ее развитие на будущее. Мир оказывался строго детерминированным, запрограммированным на все время своего существования. И зная мы все начальные условия этой программы, будущее нашего мира не являлось бы для нас закрытой книгой.

Такое представление об однозначно запрограммированном мире носило название «лапласовского детерминизма» и являлось одной из основ классической физики.

И вдруг появляется квантовая механика, появляется принцип неопределенности, требующие определять движение электрона законами, в которых существенную роль играет вероятность... Имея дело со статистическими законами, квантовая механика давала возможность получить из всех данных о начальных условиях не однозначно определенную программу «поведения» микрообъектов, а лишь вероятностную характеристику будущего положения электронов и других внутриатомных частиц. Это положение как нельзя лучше соответствовало корпускулярно-волновому характеру частиц, подчеркивало дуализм их истинной природы.

Но одновременно отказ от механистического «лапласовского» детерминизма приводил и к целому ряду трудностей. Физика теряла наглядность. Описания явлений приобретали абстрактную, чисто математическую форму, за которой уже не просматривались четкие силуэты физических объектов.

Так, например, раз уж соотношение неопределенностей запрещало частицам одновременно и занимать точно определенное положение и иметь точно определенный импульс, то не могли существовать и круговые орбиты электронов. Каждому состоянию частицы можно было приписать лишь свое распределение вероятностей, которое говорило бы только о возможности того, что электрон находится в заданной точке пространства, но ничего не говорило о том, как и куда он движется.

Были найдены и другие виды неопределенностей для иных пар величин, принятых за образец. Например, для энергии и времени, для момента количества движения и угла...



Самое любимое занятие теоретиков — это рассматривать ненаблюдаемые факты.

Юмор физиков-экспериментаторов

Но как же быть? Не становится ли в связи с этим наше представление о мире зыбким и призрачным, не расплывается ли четкая картина мира перед нашим взором? И не оказываются ли наши материалистические понятия о веществе и поле, как о частице и волне, изменчивыми и мимолетными?..

Эти сомнения повергали в уныние не только тех, кто из вторых рук узнавал о выводах новой теории, но и самих ее творцов. ·

Идея о том, что все существующее возникает и уничтожается закономерно, в результате действия определенных причин, родилась очень давно. В своих «Философских тетрадях» Владимир Ильич Ленин писал: «Тысячелетия прошли с тех пор, как зародилась идея «связи всего», «цепи причин». Это учение о всеобщей причинной материальной обусловленности природных, общественных и психических явлений называется детерминизмом.

Для своего времени, для той эпохи, когда мир считался единой замкнутой системой, такой взгляд, противопоставлявшийся идее божественного предопределения, мог считаться прогрессивным.

Но прошло время, и на смену существовавшим взглядам пришел неоспоримый «принцип неопределенности». Что же, детерминизм следует после этого отменить? Отменить сначала в малом, в микрообъектах, а там постепенно перебраться и в макромир?..

Нет! Слишком многообразны в материальном мире причинные связи, говорит диалектический материализм. Нельзя сложные и разнообразные законы природы выверять на простой модели принципов механического движения. Соотношение неопределенностей в микромире вовсе не означает, что для него вообще детерминизм теряет силу. Здесь оказывается непригоден механический детерминизм. Старый инструмент оказался для новой области знания слишком грубым, и нужен новый, хотя и основанный на том же принципе. Качественно различные формы движения материи нельзя сводить друг к другу и рассматривать все процессы по существующим грубым аналогиям. Нужно искать новые формы детерминизма, развивать его принципы дальше.

Бор, исходя из того же соотношения неопределенностей, пришел к выводу, что хотя понятия частицы и волны противоречивы, но они никогда «не работают» вместе, одновременно. Электрон и фотон в разных условиях опыта будут вести себя либо как волна, либо как частица. И каждый раз должны описываться единым, не противоречивым набором свойств, соответствующим их данной сущности. При этом другие свойства, другой их набор, не употребляющийся в данном описании, Бор предложил считать дополнительным. Он даже возвел это предложение в принцип, назвав его «принципом дополнительности». С помощью нового принципа классические понятия микромира дополнялись квантовыми и



Знание всегда предшествует предположению, как и причина — следствию.

помогали ученым принять противоречивую природу исследуемых объектов. Принцип дополнительности стали всемерно развивать, и скоро эта идея, в общем специальном предназначенному для развития квантовой физики, приобрела излишне всеобъемлющий характер, далеко выходящий за пределы физических явлений. Философы стали требовать «дополнительного» способа описания в других науках, совмещая несовместимое. Например, в психологии дополнительным к разуму рассматривался инстинкт. В юриспруденции — к правосудию — милосердие. В социологии — к личной свободе — социальное равенство и так далее.

В 1959 году в статье «Квантовая физика и философия» Бор писал: «Цельность живых организмов и характеристики людей, обладающих сознанием, а также и человеческих культур, представляют черты целостности, отображение которых требует типично дополнительного способа описания».

Такое широкое распространение физического принципа на явления биологического и даже социального характера было необоснованно. Но призрачная возможность заменить диалектику методом «дополнительности» увлекла ряд специалистов на Западе. И понадобились значительные усилия выдающихся ученых, зарубежных и советских, физиков и философов, чтобы расчистить путь истине и дать возможность физической теории развиваться дальше без помех.

В 1926—1927 годах, когда все эти теоретические споры только начинались, исход их далеко не был ясен. Ведь тогда убедительного доказательства двойной природы электрона не существовало. Никто еще в опыте не наблюдал его волновых свойств. А теория уже была готова и сторонники ее вступали в спор с теми, кто доказывал, что электрон — частица, и только.

Нужно было срочно придумывать и ставить такой опыт, который дал бы ясный ответ на вопрос о природе электрона. Время для такого эксперимента назрело...

В 1926 году в Европу погостить и провести отпуск приехал американский физик Клинтон Джозеф Дэвиссон (1881—1958). Но отпуск отпуском, а какой физик упустит возможность повидаться с корифеями новой атомной науки и из первых рук получить ответы на интересующие вопросы? Тем более, что у Дэвиссона вопросы были. Год назад, когда он исследовал угловое распределение электронов, отраженных никелевой мишенью, рядом с его прибором взорвался сосуд с жидким воздухом. Конечно, вакуумная трубка с мишенью — вдребезги. Потом пришлось немало повозиться, чтобы отчистить мишень, окислившуюся от соприкосновения с атмосфер-

## АВТОПОРТРЕТ ЭЛЕКТРОНА

ным воздухом. В конце концов ему это удалось. Отчи-стили хорошо, на совесть. Снова запаяли в трубку, откачали воздух. Но получить прежние графики распределения не удавалось. На них появились пики и впадины, характерные не для рассеянных частиц, а скорее для интерференции волн. Почему? Непонятно. И Дэвиссон очень рассчитывал на квалифицированную консульта-цию европейских ученых.

Поездка оказалась удачной. В Геттингене, а затем в Оксфорде Дэвиссону удалось встретиться и поговорить с теми, кто понимали толк в интересующих его вопросах, а главное, чувствовали к ним вкус. Все специалисты, не сговариваясь, единодушно заявляли, что причина смущающих американского коллегу расхождений должна заключаться именно в волновом характере поведения электронов. Дэвиссон забеспокоился.

На обратном пути из Европы в Америку он с головой погрузился в изучение работ де Бройля и Шредингера. В те времена пароходы транспортных компаний еще преодолевали расстояние между Старым и Новым Светом за время, которого вполне могло хватить на то, чтобы подумать и составить план дальнейших исследований. Тем более, что в работе де Бройля Дэвиссон прочитал прямое указание на возможное направление поисков.

«... Дифракционные явления обнаружятся и в потоке электронов, проходящих сквозь достаточно малое отверстие. Быть может, экспериментальное подтверждение наших идей следует искать именно в этом направлении?»

Теперь Дэвиссон знал, как надо поставить решающий эксперимент! Ему стала ясна в общих чертах и причина несовпадения его графиков до и после аварии. Раскалившаяся в ходе опыта никелевая мишень в результате случайного взрыва окислилась воздухом, и никель мог кристаллизоваться. Кристаллы же его расположились таким образом, что образовали как бы дифракционную решетку<sup>1</sup>, на которой падающие электроны и демонстрировали свою волновую природу. Конечно, все эти предположения следовало тут же проверить.

Едва ступив на родной континент, Дэвиссон совместно с коллегой Джермером приступил к подготовке нового опыта. И когда он закончился, то результаты не оставляли сомнений. Электроны действительно проявляли волновой характер с таким же успехом, как и характер частиц. Все зависело от условий опыта.

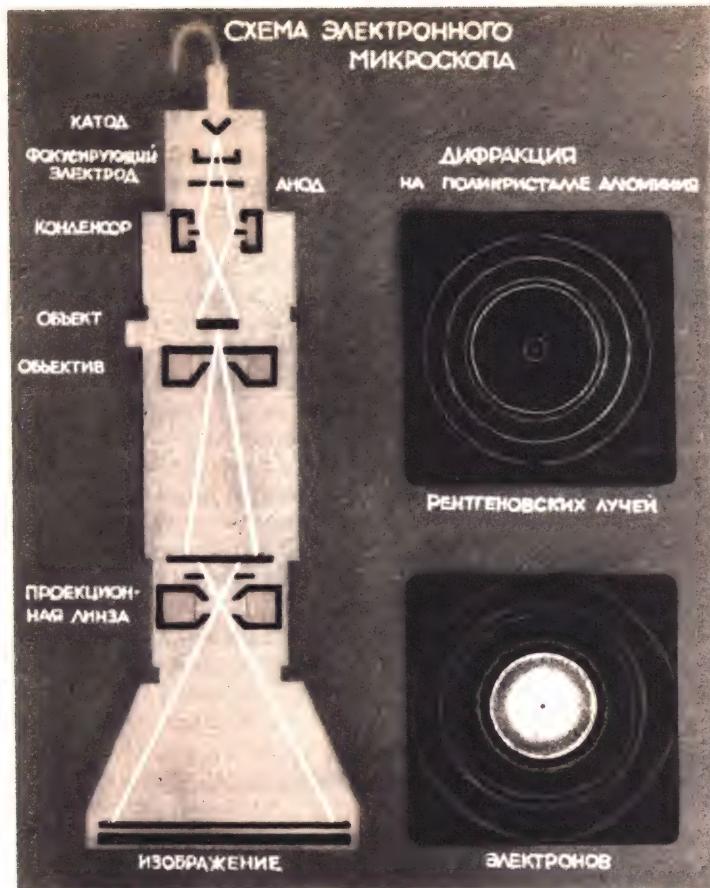
При этом длины «электронных волн» по результатам опыта оказались как раз равными длинам волн, теоретически предсказанным де Бройлем.

Аналогичный опыт поставил в Англии Джордж Пад-



Маленькую идею  
в большой микроскоп  
не увидишь.  
Великая идея  
и невооруженному глазу  
видна.

<sup>1</sup> Дифракционной решеткой называют сочетание (или совокупность) большого числа препятствий и отверстий для электромагнитных (в частности, световых) волн. На пластинке с такими препятствиями и наблюдают картины дифракции. Для рентгеновских волн и микрочастиц (электронов) дифракционными решетками служат кристаллы, молекулы жидкостей и газов.



Одно из применений  
«электронных волн».

жет Томсон, сын знаменитого «Джи-Джи». Он пропускал электроны большой энергии через металлическую фольгу и получил прекрасные и очень убедительные фотографии дифракции.

Работы Дэвиссона и Томсона, подтвердившие волновой характер электронов, произвели на физиков большое впечатление. В конце двадцатых годов обоим исследователям были присуждены Нобелевские премии.

Может быть, стоит отметить еще раз преемственность поколений. Если Дж. Дж. Томсон в конце девятнадцатого века доказал, что электрон — частица, то его сын в XX веке не менее успешно доказал, что электрон — волна. Пожалуй, этот пример как нельзя лучше иллюстрирует ленинское утверждение об историческом характере наших знаний о строении материи. Со временем они меняются, открывая все новые и новые стороны предмета исследования. И с каждым годом, с каждым новым открытием наше знание становится все точнее и ближе к истинному пониманию. Но даже такой маленький объект, как электрон, оказывается неисчерпаем потому, что связан со всем бесконечным разнообразием природы.

В наши дни электронные волны получили весьма широкое практическое применение. Например, в микроскопии.

В детстве я был, помню, неприятно поражен, когда узнал, что два даже самых сильных микроскопа, составленные вместе, не дадут мне возможности рассмотреть не только строения атома, но даже молекулы.

Возможности оптических микроскопов оказались, увы, ограниченными. Самый маленький объект, который можно было в них разглядеть не должен быть по своим размерам сравним с длиной световой волны. И уж тем более — быть меньше ее.

Длины же волн видимого света, как известно, лежат в пределах примерно от  $750$  до  $400$  нанометров (то есть  $750 \cdot 10^{-9}$  и  $400 \cdot 10^{-9}$  метра). Дальше уменьшать длины волн нельзя, ибо они станут невидимы.

Другое дело — электронные волны. Чем больше скорость летящего электрона, тем меньше длина его волны. Значит, разогнав частицы электрическим полем, можно в их лучах увидеть очень маленькие объекты.

На таком принципе и работают современные электронные микроскопы. Наблюдения с помощью этих замечательных приборов во многом изменили наши представления как о строении неживой, так и живой природы.

## УХА ИЗ МИНУС ДВУХ РЫБ...

Следующей теоретической победой на фронте атомной физики тех лет было выступление английского физика Поля Адриена Мориса Дирака. Он получил высшее техническое образование в Бристольском университете, после чего специализировался по теоретической физике в Кембридже. Уже тогда Дирак обладал удивительно абстрактным умом и еще в университете поражал окружающих логикой своих рассуждений.

Мне на студенческой скамье не раз доводилось слышать от своих преподавателей хрестоматийный рассказ о способе решения Дираком одной конкурсной задачи.

Условие ее было таким: три рыбака, ловившие рыбу ночью, были застигнуты бурей и остались пережидать ее до утра на небольшом островке. Первый проснувшийся обнаружил, что ветер стих, и решил покинуть остров, забрав треть улова. Он разделил улов на три части, выкинул одну оставшуюся от дележа рыбину в море, взял свою часть и уехал.

Затем проснулся второй рыбак. Не подозревая, что один из товарищей уже уехал, он тоже разделил улов на три части. И у него тоже осталась одна лишняя рыба, которую он выбросил в море. И, забрав свою долю, уехал домой.

Точно так же поступил и третий рыбак. Сколько же рыб поймали рыбаки всего?

Решение не получалось ни у кого. И лишь спустя некоторое время конкурсная комиссия получила ответ студента Дирака — «минус две рыбы». Ответ был чисто формальным, но единственным правильным.

Не этих ли отрицательных рыб вспомнил Дирак, познакомившись с теорией Гейзенберга? Создав самостоятельно математический аппарат матриц, он успешно показал соответствие между квантовой и классической механикой. После чего принялся за уравнение Шредингера, решив привести его в соответствие с теорией относительности.

В результате его работ появились уравнения Дирака, которые почти идеально описывали электрон. И только один недостаток был у его уравнений. Недостаток, от которого ему никак не удавалось избавиться, — окончательное решение каждый раз имело два ответа. Один соответствовал положительному, другой — отрицательному значениям полной энергии электрона.

Но частица с отрицательной полной энергией — физическая нелепость. Ведь тогда она должна обладать и отрицательной массой. Представляете себе, что творилось бы в мире, если бы подобные частицы существовали?..

Однако сколько ни бился Дирак, уравнения упорно давали два решения. И тогда он предложил считать, что электроны с отрицательной полной энергией существуют... Более того, их так много, что они заполняют весь мир, создавая сплошной ненаблюдаемый фон. Ну, скажем, как в океане: рыбы ведь не замечают воды, в которой живут. Так же как мы с вами не замечаем воздуха в комнатах...

Теперь предположим, что одному из электронов этого фона прилетевший неведомо откуда фотон или квант электромагнитного излучения сообщил удвоенную положительную энергию.

Почему удвоенную? Потому что одна ее порция должна пойти на компенсацию отрицательной энергии этого электрона, а вторая переведет его в состояние обычного электрона. В «сплошном фоне» дираковского «океана» появится «дырка». Причем эта дырка, во всем противоположная электрону с отрицательной массой, должна обладать всеми свойствами обычного электрона, в том числе положительной энергией и массой, но с положительным зарядом... Час от часу не легче, вздохнули физики при таком известии: электронов же с положительными зарядами не бывает... Впрочем, зачем так категорично? Год от года физики становились все более осторожны в своих утверждениях. Почему бы не предположить, что и положительный электрон существует, но пока не найден...

Широкий фронт бурного наступления теоретиков на проблему строения атома далеко опередил опыт. В глубоком тылу остались нерешенные вопросы, как несдавшиеся гарнизоны крепостей в период общего наступле-



П. Дирак выступает на Международной конференции в Будапеште в 1977 году с рассказом об истории создания квантовой электродинамики.

ния армии. Но когда таких «котлов» оказывается слишком много, возникает опасность прорыва окружения. Может быть, эта военная аналогия поможет читателю представить себе положение в физике атома начала 30-х годов и согласиться с тем, что наступила пора экспериментов, которые позволили бы хотя бы некоторые «котлы» ликвидировать.

**РАССКАЗЫВАЮТ**, что с молодых лет Дирак отличается чрезвычайной молчаливостью и вообще он на редкость скромный и тихий человек. Однажды Бор даже посетовал, что Дирак ведет настолько уединенный образ жизни в Копенгагене, что многие физики не подозревают о его существовании. Присутствовавший при разговоре Дж. Дж. Томсон сказал: «Это напоминает мне историю с погугаем, который не хотел разговаривать. Когда покупатель стал жаловаться на это продавцу, тот ответил: «Вы хотели получить болтуна, а я отдал вам мыслителя».

**ПРО ТО,  
КАК ДЖЕМС ЧЕДВИК  
ОТКРЫЛ НЕЙТРОН,  
И ЕЩЕ ПРО ТО,  
ЧТО СТАЛО ЯСНО  
ФИЗИКАМ  
ПОСЛЕ ЭТОГО  
ОТКРЫТИЯ...**

После стремительного рывка науки в 1895—1919 годах экспериментальная ядерная физика на время затормозила свой бег. Причина была простой. Дальнейший путь изучения строения атома привел к ядру — крошечному монолитному образованию, скрытому под электронными оболочками.

Физики знали, что именно в ничтожном по объему ядре заключена основная масса атома. Знали, что ядро заряжено положительно. И пожалуй, все. Гораздо больше было того, чего никто из них не знал. Не знали, что представлял собой положительный заряд в ядре. Если это были просто протоны, то почему же атомный вес всех элементов, начиная со второго по порядку гелия, вдвое, а то и больше, превосходил атомный номер, равный числу протонов в ядре? Что утяжеляло ядро?

Но как заглянуть внутрь атомной сердцевинки? Физикам не удавалось пока даже разбить ядро на части, чтобы затем по следам, оставленным осколками на фотопластинках, попытаться определить, из чего состояло целое ядро. Пока слишком слабосильными были источники альфа-частиц, которые применяли ученые для обстрела атомов. Разрушить твердыню ядра эти снаряды были не в состоянии. Для решительного и удачного штурма требовалось другое оружие. Но какое? Этого никто не знал.

В 1930 году два немецких физика, В. Боте и Г. Беккер, облучили альфа-частицами полония некоторые легкие элементы: бериллий, бор, фтор... Неожиданно для себя исследователи обнаружили, что под действием бомбардировки из этих элементов вылетают какие-то лучи, обладающие невиданной проникающей способностью. Лучи запросто проходили через самые толстые стены лаборатории и не замечали свинцовых преград. Что они собой представляли, исследователи понять не могли. Физики решили, что скорее всего это новые электромаг-

нитные волны с малой длиной, так называемые гамма-лучи. Так они и записали в лабораторном журнале: «Наблюдали гамма-кванты большой энергии».

В науке обязательно каждое открытие многократно проверяется разными учеными. Излучение, открытое Боте и Беккером, заинтересовало дочь Марии и Пьера Кюри — Ирен Кюри и ее мужа Фредерика Жолио



Ирен и Фредерик Жолио-Кюри  
в лаборатории Парижского  
университета.

В 1932 году в Ленинград на имя Дмитрия Скobel'цына, будущего академика, пришло письмо из Парижа. Скobel'цын только недавно вернулся из Франции, где во время стажировки подружился с Жолио. Французский физик писал: «Мадам Жолио и я занимаемся опытами по определению природы открытого Боте и Беккером явления проникающего излучения гамма-частиц, вызванных бомбардировкой легких ядер альфа-частицами. Мы пришли к новым интересным результатам...».

Да! Французские физики тоже приняли новое излучение за гамма-лучи большой интенсивности. Они так и доложили о результатах своих наблюдений на заседании Академии наук.

Это сообщение чрезвычайно заинтересовало Джемса Чедвика — ученика и сотрудника Резерфорда, который работал в Кембридже. Он тут же поставил серию опытов, перепроверил результаты Жолио-Кюри, повторил их и...

Прошел всего месяц после сообщения французских физиков, как в английском журнале «Природа» появилась короткая заметка, не доставившая никакого удовольствия парижанам. Чедвик писал: «Излучение состоит из частиц, которые имеют массу, равную массе протона, но не имеют заряда».

Так Джемс Чедвик открыл нейтрон — частицу, давно предсказанную Резерфордом и столь необходимую физикам. Ее не задерживали ни электрические поля атомных ядер, ни электронные оболочки атомов. Нейтраль-



Д. Чедвик —  
ученик Резерфорда,  
открывший нейтрон.

ные частицы могли куда эффективнее обстреливать ядра атомов. Кроме того, благодаря нейтронам сошлись теперь все расчеты атомных весов химических элементов. Потому что именно эти нейтральные электрические частицы утяжеляли ядра. Вообще с появлением нейтронов жизнь в атомной физике должна была стать значительно веселее. Вот только узнать бы, что собой эта новая нейтральная частица представляет. Является ли она фундаментальной, основной частицей, такой же, как положительно заряженный протон и отрицательный электрон, или нейтрон — это протон и электрон, «слипшиеся» вместе? А может быть, наоборот: электрон и нейтрон — фундаментальные частицы, а протон — тот же нейтрон, но получивший почему-то положительный заряд?..

Споров по этому поводу было немало. Увеличивать количество фундаментальных частиц не хотелось. Но в конце концов все-таки пришлось. Скрепя сердце физики вынуждены были согласиться, что существуют не две, а три фундаментальные частицы в микромире: электрон, протон и нейтрон. Да еще не следовало забывать и четвертую — фотон...

В том же 1932 году почти одновременно и независимо друг от друга советский физик Дмитрий Иваненко и Вернер Гейзенберг в Германии предложили и разработали модель атомного ядра, состоящего из протонов и нейтронов.

Теперь все как будто встало на свои места и модель атома оказалась не только предельно логичной и простой, она стала изящной. Судите сами. Ядро, в котором содержится  $Z$  протонов и  $N$  нейтронов. Общее название частиц, составляющих атомное ядро — нуклоны, что значит — ядерные. Их общее число равно атомному весу элемента  $Z + N = A$ . Таким образом  $A$  — массовое число атома.

Вокруг ядра — электроны. Число электронов в точности равно заряду ядра ( $Z$ ) и определяет порядковый номер атома и элемента в периодической системе Менделеева.

Очень изящно все получилось. Физики могли торжествовать победу, наслаждаясь сознанием, что теперь они точно знают, как выглядит атом. Так бы оно и было, не имей Мать-Природа ехиднейшего характера и зоркого глаза. Она внимательно следит за тем, чтобы физики не успокаивались и не начинали слишком много воображать.

В 1932 году Карл Андерсон из Калифорнийского технологического института занимался исследованием космических лучей. Он наблюдал траектории частиц в камере Вильсона. Магнитное поле закручивало следы пролетающих гостей в точном соответствии с их зарядом и энергией. Все шло хорошо. И вдруг среди следов отрицательных частиц — электронов, послушно заворачивающих в одну сторону, Андерсон обнаружил точно такие же следы, но заворачивающие в противоположном на-

правлении... То есть следы «электронов» с положительным зарядом?..

Можно себе представить восторг первооткрывателя. Он не просто обнаружил новые частицы, он открыл положительные электроны, или позитроны, теоретически предсказанные английским физиком-теоретиком Полем Дираком всего четыре года назад! Можно ли мечтать о большей удаче? Она знаменовала настоящий триумф теоретической физики, подтвердив правильность и обоснованность выдвинутых теорий.

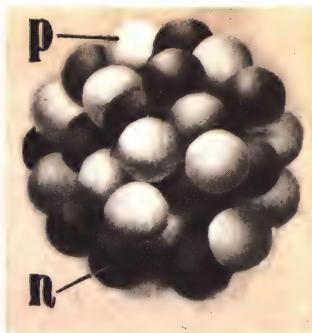
Как и предсказывала теория Дирака, позитроны обладали способностью рождаться вдруг и также вдруг умирать... Причем рождались они, как правило, только в паре с электроном. Например, влетал в камеру Вильсона невидимый, но довольно энергичный гамма-квант, и пожалуйста — рождалась в туманной атмосфере камеры коротенькая вилочка следов. Под действием магнитного поля один след заворачивал направо, другой налево. Значит, один принадлежал отрицательному электрону, другой — положительному позитрону. Существовал и обратный процесс: встречались электрон с позитроном и тут же превращались во вспышку света — аннигилировали.

Эти превращения заставили физиков глубоко задуматься. «А что же такое элементарная частица? Называть ее неизменным «кирпичиком Вселенной» стало как-то не очень удобно. Какой же это кирпичик, если он то появлялся в паре с антикирпичиком, то исчезал, превращался в другие виды «строительных материалов»?

Скоро возник и еще один каверзный вопрос. «Хорошо, — говорили физики-скептики, — мы готовы верить, что ядра атомов состоят из протонов и нейтронов, что это прочные сооружения, разломать которые можно только энергичной бомбардировкой микроснарядами. Но почему нуклоны вообще держатся в ядре? Ведь одинаковые заряды должны отталкиваться... А на малых расстояниях, на которых находятся протоны в ядрах, силы электрического отталкивания должны быть весьма значительными». Таким образом, по всем существующим законам получалось, что частицы должны были не сливаться в прочные ядра, а разлетаться в разные стороны. Как же при этом объяснить устойчивость атомов, молекул, всего вещества и вообще долговечность всего материального мира?

Снова мы пришли к вопросу об устойчивости, только на этот раз с другой стороны. А в чем, собственно говоря, трудность решения этой задачи?

Давайте начнем издалека, с задачи об устойчивости Солнечной системы. Занимался ею еще Ньютона. Уравнения классической механики давали ему полное решение для двух взаимно притягивающих друг друга тел. А уже для трех тел полное решение задачи об условиях их устойчивости невероятно трудно. Подобные задачи и сегодня решают с помощью великолепных методов прибли-



Ядро атома, сложенное из нейтронов и протонов.

женных решений. И как показывают нам успехи космонавтики, решают вполне успешно даже для значительно большего количества тел, чем три...

Так же как классическая механика разрешила с помощью приближенных методов проблему устойчивости Солнечной системы, волновая или квантовая механика должна была разрешить проблему устойчивости атомов и молекул.

Полное решение для атома водорода (два тела: протон и электрон) нашли довольно быстро и без особого труда. Я уже об этом рассказывал. Трудности возникли, когда количество частиц, участвующих в совместном движении, увеличилось.

В 1927 году В. Гейтлер и Е. Кондон применили выводы квантовой механики для расчета химической связи молекулы водорода, состоящей из двух протонов и двух электронов, и получили приближенное решение задачи. Они показали, что частицы образуют устойчивую систему, вычислили энергию молекулы и расстояния между протонами. Результаты расчетов удовлетворительно, с небольшими расхождениями, совпадали с данными эксперимента. Это было серьезным достижением. Теперь можно было вновь подумать о природе химической связи и химических сил.

В конце концов ученые пришли к такому выводу: если электроны, принадлежащие двум разным атомам, становятся при их соединении общими, их плотность в пространстве между ядрами увеличивается, а полная энергия системы при этом уменьшается, тогда можно считать, что атомы вступили в химическую связь.

Силы же, которые приводят их к химической связи идерживают друг возле друга, имеют электрическое происхождение.

Пять лет спустя ту же самую задачу, после трех лет изнурительной вычислительной работы, решили Джемс и Кулидж. Их молекула водорода находилась уже почти в полном соответствии с опытными данными.

Значит, можно, пользуясь приближенными методами решения уравнения Шредингера, рассчитывать атомные и молекулярные структуры?

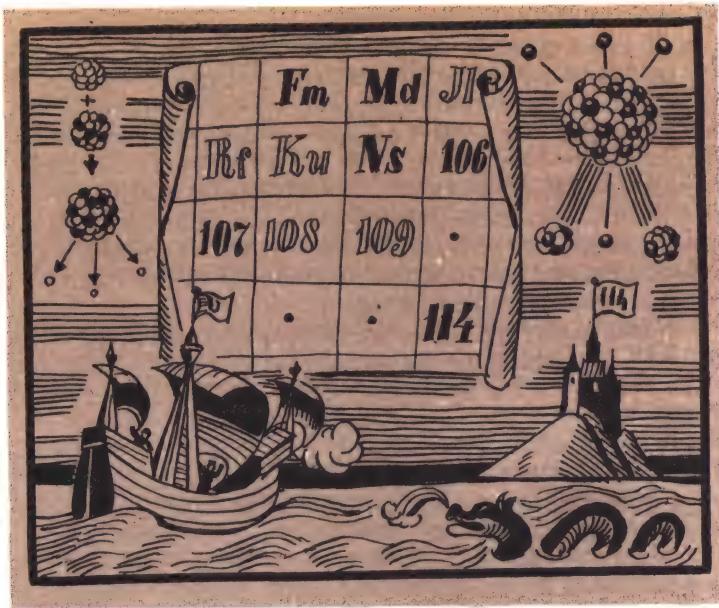
Можно! Эта работа очень трудоемка. Но сейчас ее производят электронные вычислительные машины. Один из наиболее удачных методов расчета предложили английский физик Хартри и советский физик Фок.

Была создана еще одна новая отрасль науки — квантовая химия, раздел теоретической химии, посвященный изучению химической связи молекул, их строения и определения их химических и физических свойств с помощью представлений и методов квантовой механики.

А в 1928 году физик Г. А. Гамов впервые применил квантовую механику и в ядерной физике, объяснив с ее помощью механизм альфа-распада. Справедливость законов квантовой механики с каждым годом и с каждой новой работой становилась все очевиднее.



Триумф математики!



## ГЛАВА ДЕСЯТАЯ

В тридцатые годы неожиданно для зарубежных ученых на мировую научную арену поднялась советская физика. Главным ее центром был тогда Ленинград, где работал академик Абрам Федорович Иоффе (1880—1960).

С именем Иоффе связана целая эпоха советской науки. В 1902 году он окончил Петербургский технологический институт и получил диплом инженера. Однако чисто практическая деятельность не привлекала выпускника. Он мечтал о научной работе. Но в те годы путь в науку лежал только через университет. А двери университета для Иоффе были закрыты. Он родился в маленьком провинциальном городке Ромны Полтавской губернии и окончил реальное училище. А для поступления в университет требовался аттестат классической гимназии. Пришлось Иоффе по окончании института ехать в Мюнхен, где он поступает в университет и одновременно в лабораторию лучшего экспериментатора того времени Рентгена. Абрам Федорович совсем не был похож на своего шефа. Рентген — осторожный скептик, тонкий экспериментатор, настоящий немецкий ученый времен классической физики. Иоффе — более чем на четверть века моложе учителя, был весь в сегодняшнем дне науки, весь в движении, с неистребимым желанием везде успеть, все узнать и, по возможности, самому влезть во все интересные дела сразу...

В своих воспоминаниях о Рентгене Иоффе рассказывает, как однажды, занимаясь исследованием свойств

### МЕЧТАТЕЛЬ НОВОГО ТИПА

кварца, он воспользовался рентгеновскими лучами для изменения условий эксперимента. Результаты были столь неожиданны и интересны, что он тут же поспешил сообщить о них учителю. Каково же было его удивление, когда в ответ он получил строгое внушение: «Я жду от вас солидной научной работы, а не сенсационных открытий». Рентген не скрывал своей антипатии к поспешным опытам и непроверенным выводам. Он считал, что молодому ученому вообще не следует начинать свою работу с изучения «модных» вопросов, еще не получивших своего классического объяснения.

Между учителем и учеником возник «острый конфликт». Но настойчивость Иоффе, его умение убеждать оппонента победили. И разрешение продолжать опыты было получено.

В следующий раз он не спешил. Обстоятельно продемонстрировал результаты опытов учителю и заинтересовал того настолько, что потом много времени работал над решением проблемы совместно с Рентгеном.

Абрам Федорович вынес из этого инцидента тоже немалый урок. И со временем у него выработалась такая способность мгновенно схватывать суть и умение настолько образно и доходчиво объяснять ее любому собеседнику, что это не раз в будущем помогало ему в работе и общении с людьми разных научных горизонтов.

В 1905 году Иоффе закончил Мюнхенский университет и отказался от предложения остаться в нем преподавателем. Он вернулся на родину, которая предложила ему в то время только должность старшего лаборанта на кафедре физики Политехнического института. Что ж, Иоффе согласился. Он приступил к работе и сразу же с увлечением включился в круг новых идей, которые занимали умы физиков.

Правда, занимаемая должность отнюдь не помогала ему в этом деле. Скорее служила помехой. А продвижение в науке, как и по служебной лестнице, до революции было возможно лишь при условии успешной защиты диссертации. Для этого следовало сначала сдать экзамен по гигантскому университетскому курсу математики, что служило немалым тормозом в те годы для многих стремившихся в науку молодых людей. Побаивался этого экзамена и Иоффе. Но в конце концов, преодолев этот барьер, он защитил диссертацию на звание сначала магистра, а два года спустя и доктора наук.

Именно в эти годы из молодого ученого вырабатывался крупный физик с новым, очень современным стилем работы. По своему темпераменту, по умению популярно объяснять сложные вопросы, по склонности к широким организационным мероприятиям и умению находить людей, Абрам Федорович скоро занял видное место в отечественной физике.

В 1916 году он организовал в Петрограде в Политехническом институте небольшой семинар, в который вошли молодые физики: П. Л. Капица, Я. И. Френкель,



Разрешение конфликта между учеником и учителем.

Н. Н. Семенов, П. И. Лукирский. Сегодня их имена знает весь мир. А тогда им приходилось часто заниматься в таких условиях, что только молодость и прирожденное чувство юмора, которое было сильно развито как у участников семинара, так и у руководителя, спасало от катастрофы.

Решительно изменились условия для развития науки в нашей стране после победы Великой Октябрьской социалистической революции. Советское правительство сразу же взяло курс на быстрое развитие науки. И, несмотря на гражданскую войну, на разруху, холод и голод, в Петрограде и в Москве создаются несколько научно-исследовательских институтов по разным разделам естествознания.

В такой обстановке организаторский талант Иоффе был как нельзя более кстати. В силу своего «инженерного» образования он всегда стремился к сближению «чистой науки» с нуждами техники, медицины и других видов человеческой практики. Он уже давно вынашивал идеи развертывания широкого фронта физических исследований, которые помогли бы сделать физику научной базой будущей техники.

Его идеи не только соответствовали потребностям нового послереволюционного общества, но и совпадали с научно-технической программой, принятой Советским правительством в самые первые годы Советской власти.

В 1918 году по инициативе А. Ф. Иоффе и М. И. Неменова в Петрограде был создан Институт рентгенологии и радиологии, в который пришли на работу многие крупнейшие ученые.

О бурном развитии науки того периода говорит хотя бы тот факт, что очень скоро оптический отдел института, им руководил Д. С. Рождественский, выделился в самостоятельную единицу и превратился в Государственный оптический институт, труды которого сегодня известны во всем мире... Радиевый отдел и радиевая лаборатория превратились под руководством таких известных ученых, как В. И. Вернадский и В. Г. Хлопин, в Радиевый институт Академии наук. А физико-технический отдел, которым руководил А. Ф. Иоффе, стал Ленинградским физико-техническим институтом — *alma mater* советской физики.

---

Неменов Михаил Исаевич (1880—1950) — советский врач, заслуженный деятель науки РСФСР.

Окончив в 1904 году Берлинский университет, работал в Петербурге в хирургической клинике женского медицинского института. В 1918 году участвовал в организации Института рентгенологии и радиологии, директором которого был назначен.

С 1930 года М. И. Неменов одновременно профессор Военно-медицинской академии.

Основные труды посвящены вопросам клинической рентгенологии. М. И. Неменов первым применил метод условных рефлексов для изучения воздействия рентгеновских лучей на кору головного мозга<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Библиографический словарь деятелей естествознания и техники. «БСЭ», Москва, 1958.

## ФИЗТЕХ — СОВЕТСКАЯ ШКОЛА ФИЗИКОВ

С самого начала в Физико-техническом институте у Иоффе заработал научный семинар. Опыт организации у руководителя был. В работе семинара принимала участие вся научная молодежь института. Кроме того, благодаря международному авторитету Иоффе, участниками и гостями семинара были почти все крупнейшие физики мира, как теоретики, так и экспериментаторы.

Гости из-за рубежа не скрывали своего удивления тем, что в условиях, малопригодных даже для простой, немудреной жизни, здесь кипели страсти на самом высоком научном уровне, вполне сравнимом с лучшими европейскими школами.

---

РАССКАЗЫВАЮТ, что молодежи не всегда была вполне ясна тема доклада и само выступление, особенно когда в гостях был иностранный ученый. Но Иоффе зорко следил за настроением аудитории. В таких случаях он по окончании доклада поднимался со своего места и коротко резюмировал сказанное. Причем резюмировал так, что становились понятны и главная суть изложенного, и спорные или просто наиболее примечательные стороны доложенной работы.

Обычно сразу же после выступления «папы Иоффе» начиналось живейшее обсуждение и споры, в которых на равных правах принимали участие и убеленные сединами корифеи и совсем зеленые, самые молодые участники семинара. Табель о рангах отменялась.

Когда время, отведенное на споры, заканчивалось, обсуждение переносилось в лаборатории. Таким образом скоро новая гипотеза, новое предположение или готовая теория становилась достоянием всего коллектива. Понятно, что в таких условиях научный потенциал института рос как на дрожжах.

---

Через некоторое время наших физиков стали приглашать к себе университеты Европы и Америки. Стали завязываться и крепнуть дружественные научные отношения уже на уровне нового поколения.

Также по инициативе Иоффе группа молодых физиков отправилась в европейские центры на стажировку. Поехали к Резерфорду в Англию П. Л. Капица, К. Д. Синельников, Ю. Б. Харитон. Поехал к Бору в Даннию Л. Д. Ландау.

Систематическая забота правительства о развитии отечественной науки, создание новых институтов и перестройка системы и программ высшей школы после революции обеспечили приток в науку молодых и талантливых людей. По воспоминаниям современников, у Иоффе на отыскание таких талантов был настоящий нюх.

В 1924 году на Четвертом съезде русских физиков, который проходил в Ленинграде, Иоффе услышал доклад молодого физика из Баку, выпускника Крымского университета Кирилла Синельникова. Тема сообщения заинтересовала Абрама Федоровича, и он тут же привгласил молодого человека перейти в Физтех.

Слава Физтеха и возможности, которые предоставлял Иоффе, места для раздумий не оставляли. И скоро «новичок» уже обживал свое место в лаборатории на берегах Невы. Иоффе всегда обуревали идеи. Идеи не давали покоя Иоффе. Иоффе не давал покоя сотрудникам, а сотрудники покоя и не жаждали.

В Физтехе не было звонков. Двери института на ночь не закрывались. И потому встретить ночью в лаборатории заспанный физика, которому не хватило дневного времени на эксперимент, было явлением обычным. Не хватало времени и Кириллу Синельникову, который занимался изучением поляризации диэлектриков<sup>1</sup>. Иоффе очень рассчитывал, что им удастся использовать это явление при создании компактных аккумуляторов. Он был очень увлечен этой идеей. В одном из писем Иоффе писал: «Я теперь... вполне разобрался в явлении поляризации кристаллов, которое открыл еще 20 лет тому назад. Теперь я подсчитал, что на этой основе можно построить совершенный технический аккумулятор с исключительно сильной концентрацией энергии так, чтобы пролететь на аэроплане со 100-сильным мотором отсюда (письмо писалось из Берлина) в Батилиман (место в Крыму, где отдыхала семья Иоффе), достаточен аккумулятор размером в 40 см.

Моторы тоже для этих аккумуляторов будут легче раза в 2-3. Быть может, можно будет даже построить аэропланы — крылья для отдельных людей с запасом энергии на несколько сот верст»<sup>2</sup>.

Абрам Федорович очень торопил Синельникова. А опыты были вовсе не простыми и очень трудоемкими. И тогда однажды Кирилл Дмитриевич рассказал шефу о своем приятеле, тоже физике и тоже выпускнике университета в Симферополе. По словам Синельникова, «Гарька», так он называл друга, обладал феноменальной работоспособностью и не терпел неясностей в порученном деле. Кирилл даже показал высокому начальству письма от неизвестного пока «Гарьки», в которых тот описывал свои бакинские эксперименты.

Иоффе внимательно выслушал своего сотрудника, прочел письма и... послал в Баку еще одно приглашение на имя Игоря Курчатова. Так в лабораториях ленинградского Физтеха появился еще один новичок, еще один южанин, тощий, долговязый, порывистый. Человек большой судьбы, коммунист, отдавший всего себя на службу родине, народу, науке.



И. В. Курчатов —  
выдающийся физик.

---

Курчатов Игорь Васильевич (1903—1960) — советский физик, академик. С 1925 года работал в ленинградском Физико-техническом институте и в других учреждениях АН СССР. В 1930 году назначен заведующим отделом ЛФТИ. В 1942 году в группе сотрудников удостоен Государственной премии за разработку методов размагничивания боевых кораблей. В 1943 году возглавил работы по урановой проблеме в Советском Союзе. Под руководством И. В. Курчатова в 1949 году была создана и испытана на полигонах атомная, а в 1953 году водородная бомбы. Год спустя состоялся пуск первой в мире атомной электростанции в г. Обнинске. И. В. Курчатов приложил много сил

<sup>1</sup> Диэлектриками М. Фарадей называл вещества, которые обладали очень малой электропроводностью, например: слюда, фарфор, эбонит, кварц... Под воздействием электрического поля положительно заряженные частицы в диэлектриках смещаются в одну сторону, а отрицательно заряженные — в другую сторону. Это явление называется поляризацией.

<sup>2</sup> Л. Кокин. Юность академиков. М., «Сов. Россия», 1970, стр. 128.

к созданию крупнейшей установки для исследований в области управляемых термоядерных реакций.

И. В. Курчатову было присвоено звание Героя Социалистического Труда. Он был трижды награжден золотой медалью «Серп и Молот». Неоднократно был удостоен Государственных и Ленинской премий. Депутат Верховного Совета СССР третьего и пятого созывов.

Основные научные труды относятся к учению о сегнетоэлектричестве, которое было создано им вместе с сотрудниками лаборатории Физтеха, и к физике атомного ядра. Открыл явление ядерной изомерии у искусственно-радиоактивных изотопов и построил теорию этого явления. Под руководством И. В. Курчатова Г. Н. Флеров и К. А. Петржак открыли явление самопроизвольного деления урана.

Бурное развитие физики в Советском Союзе требовало от Иоффе часто забот вовсе не научного, а чисто административного и даже дипломатического плана. Он справлялся со всем. Те, кто встречался с ним как с директором института, бывали поражены, видя образ ходившего, сдержанного старшего начальника. Это был вовсе не тот «папа Иоффе», которого знали научные сотрудники института на семинарах.

В его тонком голосе никто и никогда не слыхал даже поток раздражения. Он не спорил по мелочам, он в них просто не вникал. И тем не менее мало найдется директоров, которые так хорошо знали бы своих сотрудников, так ревниво следили бы за их успехами, и с неизменно любезной «дипломатической» улыбкой твердо защищали их, и отстаивали ту линию развития науки, в правильности которой они уверены.

Я не стану перечислять работы А. Ф. Иоффе. Они заняли бы слишком много места в нашей книге. Кроме того, сейчас есть много прекрасных книг, подробно описывающих жизнь и деятельность академика А. Ф. Иоффе.

Чтобы закончить портрет, без которого читателю была бы не до конца ясна история становления отечественной науки, я только завершу рассказ об идее с аккумуляторами...

У Абрама Федоровича была слабость к эффектным задачам науки и техники. И, как правило, он добивался их блестящего решения, несмотря ни на какое противодействие. Помните, как он поссорился со своим учителем Рентгеном?.. Используя это его свойство, а также то, что Иоффе часто бывал в отлучке, некоторые газеты готовы были представить работу над исследованием диэлектриков так, словно готовый аккумулятор небывалой мощности лежал у Иоффе в жилетном кармане.

Пришлось выступить со специальной статьей, разъясняющей суть дела. Сделал это молодой профессор теоретической физики Ленинградского политехнического института Яков Ильич Френкель.

Никакого аккумулятора покамест нет, — писал он и объяснял, что в лаборатории изучено пока лишь новое физическое явление, которое может иметь в будущем большое практическое значение. Только в будущем. Но даже в наши дни это будущее еще не наступило.

Френкель Яков Ильич (1894—1952) — советский физик, член-корреспондент АН СССР.

С 1921 года, после окончания Петроградского университета, работал в Физико-техническом институте и одновременно руководил кафедрой теоретической физики в Политехническом институте.

Научные интересы Я. И. Френкеля весьма широки. Он создал первоначальный вариант квантовой теории движения электрона в металле, заложил основы современной теории ферромагнетизма. Он же — автор первых отечественных курсов теоретической физики. Ему принадлежат фундаментальные работы по атмосферному электричеству, теории поглощения света в диэлектриках, ряд работ по физике атмосферы, земному магнетизму, био- и астрофизике.

В ядерной физике широко использовались идеи Я. И. Френкеля о капельной модели ядра и механизме испускания «испарения» частиц. Разработанная им количественно теория этого явления, после экспериментального открытия ядер урана, легла в основу практического применения ядерной энергии.

---

В науке ничего не пропадает даром. Идеи Иоффе, над реализацией которых столь прилежно трудились Синельников и Курчатов, привели к созданию новых изоляционных материалов. Это была важнейшая техническая проблема времени, когда во всех отраслях промышленности шло наступление электричества, а наша страна жила под лозунгом выполнения ленинского плана ГОЭЛРО.

Правда, изоляция получилась не совсем такой, как ожидалось. А Иоффе уже готовил теорию, объясняющую механизм наблюдаемых явлений. Оставалось только проверить несколько исходных положений и кое-что подсчитать... Но настал «черный день». В кабинет директора академика Иоффе смущенно вошел долговязый «новичок», отысканный им некоторое время назад в Одессе. Он потоптался на месте и положил перед «папой» результаты опытных проверок, в корне опровергающих почти готовую теорию шефа... Это было ужасно! Иоффе так много сил вложил в ее реализацию. Заинтересовал иностранные фирмы. Кем же был этот парень, который смеет его — академика — уличать в ошибке? Нескладный студент, какой-то Анатолий Александров... А не прогнать ли его прочь?.. Но Иоффе был Ученый, настоящий Ученый. И не зря на его семинарах «мальчишки» не помнили табели о рангах. Он внимательно, даже придирчиво проверил результаты молодого коллеги и убедился, что тот прав. И он признал свою ошибку!..

Право, на такое мужество способен не каждый...

---

Александров Анатолий Петрович (род. в 1903 г.) — советский физик, академик, президент Академии наук СССР.

После окончания Киевского университета в 1930 году работал в Ленинградском физико-техническом институте. В годы Великой Отечественной войны возглавлял лабораторию, занимавшуюся размагничиванием боевых кораблей. За эту работу с коллективом сотрудников удостоен Государственной премии. С 1946 по 1955 г. — директор Института физических проблем АН СССР, потом директор Института атомной энергии имени И. В. Курчатова.

Основные научные труды посвящены физике диэлектриков, высокополимерным соединениям. Им предложена статистическая теория прочности твердых тел. Много занимался разработкой атомных реакторов для промышленных целей.

Сегодня диву даешься, когда глядишь на длинный список тех разделов физики, которые разрабатывались в ленинградском Физтехе. И еще больше удивляешься, когда читаешь имена сотрудников этого института — настоящая портретная галерея советской физики.

В лабораториях института на Лесном проспекте занимались:

акустикой и электромузыкальной техникой,  
биологической физикой,  
электротехникой и электроникой,  
физикой твердого тела, кристаллов, полупроводников,  
физикой металлов и диэлектриков,  
физической химией и химической физикой, физикой полимеров,  
теоретической и математической физикой, а также во-  
просами техники физического эксперимента и измерений,  
оптикой, радиотехникой, радиофизикой,  
физикой магнитных явлений, низких температур, сей-  
смологией и ядерной физикой!

И за каждым из перечисленных разделов стояли самые талантливые, самые преданные науке молодые люди, которых Иоффе собирал по всей нашей необъятной стране.

При этом Абрам Федорович вовсе не был «скупым рыцарем». Ленинградский Физтех стал родоначальником сходных институтов на Урале, в Сибири и на Украине. Из его лабораторий выделились в самостоятельные организации Электрофизический институт имени А. А. Чернышева и Институт химической физики имени Н. Н. Семенова.

Жаль было, конечно, «папе Иоффе» расставаться с лучшими. Но «мальчики» росли, мужали, становились зрелыми учеными. Им нужен был простор. И Советская власть предоставляла такой простор всем истинно талантливым людям. Они получали большие возможности. И никто из них не подвел своего учителя, не обманул надежды своего народа. Они вывели советскую науку на одно из первых мест в мире.

## НА ПУТИ К АТОМНОМУ ЯДРУ

Примерно в начале тридцатых годов в самом Физтехе стало ощущаться назревание перемен. За двадцать лет, прошедших с начала нового столетия, многое изменилось в науке. Темп роста ее все убыстрялся. И за десятилетие существования института его организация начинала устаревать.

Прежние направления работ, к главным из них относились: физика твердого тела и физика рентгеновских лучей и электронов, после выделения в самостоятельные институты лабораторий Чернышева и Семенова оставшихся не удовлетворяли. Все это тревожило и руководи-

телей, и сотрудников. «Что дальше?» Этот вопрос был, пожалуй, самым актуальным на всех уровнях научной и административной иерархии института.

Тщательно продумав сложившуюся к тому времени ситуацию в физике, Иоффе решает круто и по существу перестроить работу всех лабораторий, изменить даже главные направления института...

Теперь на первый план должна была выйти ядерная физика, к интересам которой тесно примыкает и физика электронов.

В институте появляется приказ о создании спецгруппы по ядру. Начальником — сам Иоффе, заместителем — Курчатов. Это направление стали развивать лаборатории, которыми руководили И. В. Курчатов, А. И. Алиханов, П. И. Лукирский, Л. А. Арцимович, В. Е. Лашкарев и Л. М. Неменов. Это были те ученые, чей труд и чей подвиг в период Великой Отечественной войны позволил советскому народу начать решение трудной атомной проблемы, довести ее до конца и обеспечить обороноспособность Советской страны, отодвинув угрозу новой ядерной войны на многие годы.

Вторым направлением работы института стала физика полимеров и твердого тела. А третьим — физика полупроводников. Каждое из направлений развивалось успешно, каждое принесло свои плоды и могло бы послужить прекрасной темой для увлекательного повествования. Но наш рассказ о развитии ядерной физики. И поэтому вернемся к вновь созданной группе ядра, которой по существу руководил И. В. Курчатов.

Игорь Васильевич обладал редким и удивительным талантом объединять, казалось бы, самых разных людей на выполнение поставленной задачи. Его целеустремленность, организованность, необычайная увлеченность и умение не только зажечь своим примером других, но и найти каждому дело по душе и по плечу сплотили вокруг него отличный коллектив.

Тем не менее у новой группы было немало препятствий. И самое серьезное — отсутствие надежного источника нейтронов. Ведь именно нейтроны были «главным штурмовым калибром» — снарядами, способными пробиться через электронные оболочки атома к его ядру. Но... снаряды поспели раньше пушек. Чтобы получать нейтроны, нужно было иметь радиоактивное вещество. А в Ленинграде в те годы на всех физиков и радиохимиков был один грамм радия. Принадлежал этот грамм Радиевому институту, который весьма ревниво относился к своему сокровищу. Ни под какие залоги, никому «мальчики» из Радиевого института не доверяли свою ампулу с крупинкой радия. Как же быть?..

И вот нашли выход... Помните время, когда супруги Мария и Пьер Кюри получили радий? Так вот, исследуя ионизацию воздуха радиоактивными веществами, они заметили, что различные тела, которые находятся рядом с источником излучения, тоже приобретают радиоактив-



Не разгрывать орехи,  
не съесть и ядра.

ные свойства. Одни — на более длительное время, другие — на менее длительное. Мария Склодовская-Кюри назвала это явление тогда индуцированной активностью, то есть наведенной.

Резерфорд не согласился с такой гипотезой. Он предположил, что из радиоактивного вещества истекает некая эманация, которая и пропитывает окружающие тела.

Скоро выяснилось, что эманация заставляет некоторые вещества светиться. Этот опыт описал Менделеев после того, как увидел его у супругов Кюри во Франции в 1902 году.

Обратите внимание, как дружно ученые разных стран атакуют возникшую перед ними загадку.

Резерфорду и его сотруднику Содди удалось все-таки доказать, что эманация представляет собой газ, подчиняющийся закону Бойля и переходящий при охлаждении в жидкое состояние. Резерфорд заметил, что образование эманации из радия сопровождалось выделением гелия. Кроме того, скоро выяснилось, что эманация выделяется не только из радия, но и из тория и актиния — других известных в то время радиоактивных элементов. Что же она собой представляла?

К тому времени, о котором идет речь в этой главе, физики уже знали, что эманация — это радиоактивный химический элемент нулевой группы периодической системы. То есть — инертный газ. Порядковый номер его 86, а массовое число наиболее долгоживущего изотопа — 222. По этому-то долгожителю эманация и получила свое новое название — радон.

Так вот, Радиевый институт не возражал, чтобы их ампула с радием творила эманацию. И склянки с эманацией он охотно предоставлял всем желающим. Что ж, пусть так — «хозяин — барин». Каждую шестидневку заведующий отделом физики Радиевого института торжественно привозил на извозчике в Физтех крохотную запаянную склянку, наполненную радоном и сладким на вкус порошком бериллия.

Под действием альфа-частиц радона бериллий испускал нужные физтеховцам нейтроны.

К сожалению, мощность такого источника была ничтожной. Период полураспада радона  $T_{1/2} = 3,825$  дня. Так что на исходе четвертых суток начиналось заметное угасание его активности.

По этой причине прибывшую драгоценную ампулу тут же засовывали в бак с парафином, являющимся замедлителем нейтронов. Бак стоял возле лестницы. И к нему тотчас же пристраивалась длинная очередь из сотрудников, жаждущих облучить приготовленные мишени.

В те годы техника такого эксперимента была чрезвычайно проста. Порошок исследуемого вещества в смеси с вазелином намазывали на бумажку — и мишень была готова. Этой мишенью плотно оборачивали склянку с радоном и бериллием и ждали... Через положенное



Нельзя же отрицать истину только потому, что она лично мне не совсем нравится.

Н. Г. Чернышевский

время экспериментатор срывал мишень и опрометью несся в свою лабораторию к измерительным приборам. На этом этапе главной задачей было успеть добежать раньше, чем процессы, ради которых предпринимались все мучения, успеют успокоиться в вазелиновом бутерброде и прекратиться. Поистине успех экспериментов в области ядерной физики частенько зависел от проворства экспериментатора.

Можно было, конечно, поставить парафиновый бак поближе. Но поближе к одним — подальше от других. Это раз. А кроме того — фон. Регистрирующие приборы реагировали бы тогда на излучение ампулы, а не мишени. И разобраться в их показаниях было бы совершенно невозможно.

Такая методика эксперимента была примерно одинаковой во всем мире. В Римском университете по коридорам физического факультета бегал с бумажной мишенью Энрико Ферми. В ленинградском Физтехе огромными шагами носился с такой же мишенью Игорь Курчатов.

Итальянцы достигли к тому времени больших успехов в своей работе. У них ядра элементов послушно глотали бомбардирующие их нейтроны и, как вишневые косточки, выплевывали протоны или альфа-частицы. Только успевай регистрируй, определяй, что откуда вылетело, строй модели...

Советские физики, позже включившиеся в работу, шли по пути итальянцев, проверяя их результаты...

К 1934 году работа лабораторий над ядерной проблемой стала давать свои плоды. Одним из первых выступил А. И. Алиханов. Вместе с М. С. Козодаевым и А. И. Алиханяном он открыл явление испускания возбужденными ядрами электронно-позитронных пар. Необыкновенно интересное открытие. Позитрон тогда был совсем «новичком» в атомной физике. Предсказанный в 1930 году П. Дираком, он был через два года отыскан С. Андерсоном в составе космических лучей с помощью камеры Вильсона, помещенной в магнитном поле. И вот в 1934 году — интересное открытие и серьезная работа советских ученых...

Наша физика предвоенных лет дала мировой науке немало великолепных достижений. В Москве упрямый молодой аспирант академика С. И. Вавилова Павел Чerenков открыл неизвестное излучение света, которое возникало при движении заряженных частиц в веществе в тех случаях, когда скорость этого движения превосходила скорость света в том же веществе. Новое явление получило название эффекта Вавилова — Чerenкова и нашло очень широкое распространение в технике эксперимента.

Позже, когда советские физики И. Е. Тамм и И. М. Франк разработали теорию этого, совершенно непонятного тогда явления, они вместе с П. А. Чerenковым были удостоены Нобелевской премии.



Э. Ферми — один из самых выдающихся физиков нашего времени.

Любой вопрос теории или практики, которого он касался и решал, оказывался неоценимым вкладом в мировую науку.

В том же урожайном 1934 году Игорь Евгеньевич Тамм предложил оригинальную теорию происхождения ядерных сил нуклонов, о которой речь еще впереди.

В 1936 году советский физик Я. И. Френкель предложил рассматривать атомное ядро как каплю некоей ядерной жидкости, со всеми свойствами обычной капли... Идея была немедленно подхвачена другими физиками-теоретиками и разработана до состояния прекрасной плодотворной теории.

Вы, наверное, заметили, что постепенно в приведенном перечне все меньше места остается для оригинальных экспериментов и больший простор захватывают теоретические работы. Это не случайность. Методика и средства, техника экспериментальных работ, доставшаяся физикам-ядерщикам в наследство от прошлого века, безнадежно устарели. От кустарного опыта XIX века надо было переходить к коллективным, промышленным экспериментам. При этом в первую очередь нужна была новая техника...

---

Алиханов Абрам Исаакович (род. в 1904 г.) — советский физик, академик. Еще студентом Ленинградского политехнического института начал работать в Физтехе, изучая рентгеноструктурный анализ и физику рентгеновских лучей. С 1934 года начинает изучение радиоактивности и радиоактивных излучений. С 1939 года занимается исследованием космических лучей, получив в этой области совместно с братом Артемием Исааковичем Алиханяном — членом-корреспондентом АН СССР — ряд важных результатов.

А. И. Алиханов много работал совместно с И. В. Курчатовым, занимался разработкой ядерных реакторов. В 1949 году совместно с сотрудниками построил первый в СССР реактор с замедлителем из тяжелой воды.

## АТОМНОЕ ЯДРО

К 1932 году, как пишет о том профессор Я. А. Смородинский, «строение атома и атомного ядра выглядело изящно и просто». Атом состоял из ядра, сложенного из  $Z$  штук положительно заряженных протонов и  $N$  штук нейтронов, не имеющих электрического заряда. Всего в ядре оказывалось  $A$  штук частиц ( $A = Z + N$ ) протонов и нейтронов, имевших примерно одинаковую массу и общее название нуклонов, то есть ядерных частиц. « $A$ » называлось массовым числом и было примерно равным атомному весу.

Вокруг такого положительно заряженного ядра распределялись электроны. Их число равнялось числу протонов и определяло собой, следовательно, номер элемента в периодической таблице.

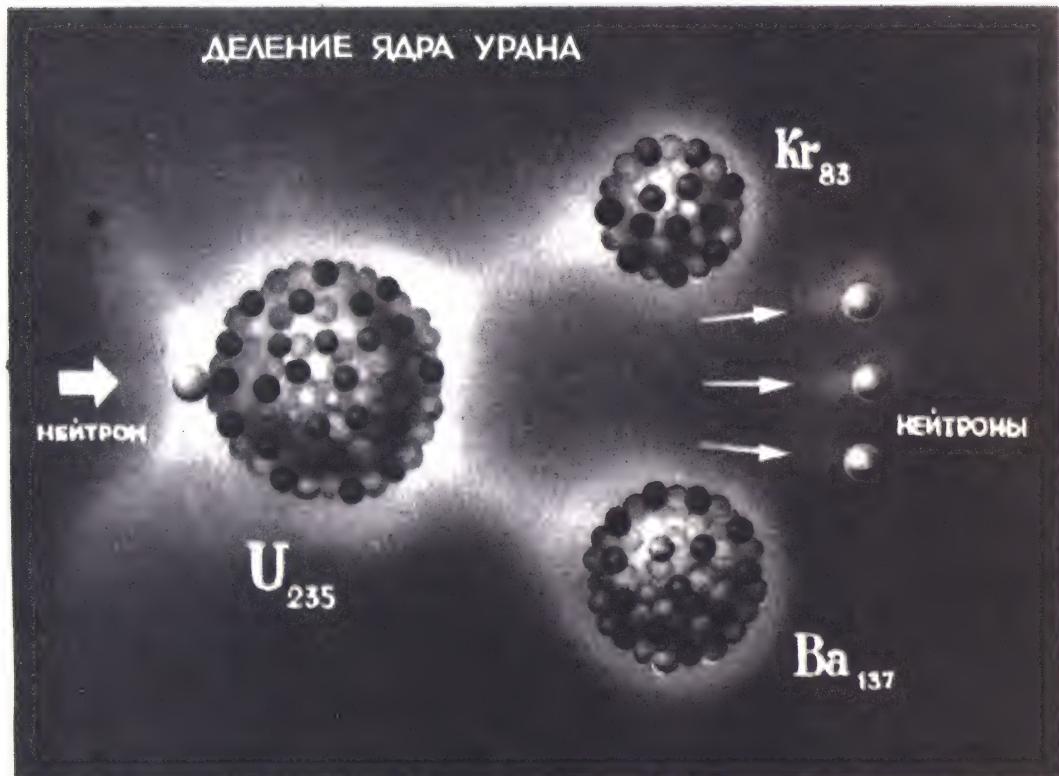
Действительно, картинка получается «простая и изящная». Но давайте перепрыгнем полтора десятка лет. На это время приходится период, когда теоретические работы были подчинены целям в основном практическим.

Итак — конец сороковых годов. К этому времени представления об атомном ядре претерпели сильные из-

менения. Теперь уже никто не видел в нем неподвижную систему из протонов и нейтронов, словно сколоченных намертво в единое целое. Теперь это была сложная система из тех же частиц, но непрерывно двигающихся, обменивающихся друг с другом пионами, которые являются выразителями ядерных сил. Именно этот обмен удерживал нуклоны друг возле друга на таком близком расстоянии, что размер атомного ядра в среднем имел порядок, определяемый множителем  $10^{-13}$  сантиметра.

Впрочем, вы и сами можете легко не только представить, но и вывести формулу для расчета радиуса атомного ядра любого из химических элементов. Делается это так.

Представим себе атомное ядро в виде шарика из плотно упакованных нуклонов: протонов и нейтронов, всего  $A$  штук. Значит, и объем ядра-шарика можно считать пропорциональным этому количеству нуклонов, правда? То есть  $V \sim A$ .



Но объем шара по правилам геометрии пропорционален кубу радиуса:  $V = \frac{4}{3}\pi R^3$ .

Значит, и радиус, вернее куб радиуса, пропорционален числу нуклонов  $A$ . То есть  $R^3 \sim A$ . Отсюда  $R \sim A^{1/3}$ .

Теперь можно написать и формулу. Радиус ядра атома должен быть пропорционален, очевидно, какому-то



Капельная модель ядра

коэффициенту пропорциональности, умноженному на  $10^{-13}$  и на  $A^{1/3}$ . По результатам опыта коэффициент пропорциональности оказался равным 1,2.

Тогда формула для радиуса атомного ядра в окончательном виде будет выглядеть так:  $R = 1,2 \cdot 10^{-13} \cdot A^{1/3}$  см.

Подставьте сюда  $A = 1$ , и вы получите радиус ядра атома водорода, радиус протона,  $R_n = 1,2 \cdot 10^{-13}$  см.

Представьте  $A = 92$ , и вы получите радиус ядра атома урана — самого тяжелого стабильного элемента:  $R_U = 5,5 \cdot 10^{-13}$  см.

Обратите внимание на то, насколько незначительна разница. Эта формула дает результаты, которые достаточно хорошо согласуются с результатами экспериментов.

Пытаясь представить себе структуру атомного ядра, физики пришли к чрезвычайно сложной картине. Раз между нуклонами происходил непрерывный обмен пионами, значит, менялся и заряд каждого нуклона. То есть фактически протон и нейтрон непрерывно превращались друг в друга. Конечно, общее число и тех и других в ядре сохранялось. От этого ведь зависел заряд ядра, количество электронов на орбитах и, в конце концов, химические свойства элемента. Но сказать определенно, какой конкретно нуклон в данный момент времени имел заряд, а какой нет — никто теперь не мог.

Кроме того, немало трудностей доставляли и сами пионы. Они непрерывно рождались и исчезали. Таким образом, их число в ядре тоже оказывалось неопределенным. Ни один математический аппарат, изобретенный людьми, не в силах был дать полное квантовомеханическое описание такой системы, поскольку в начальных условиях задачи одновременно участвовало слишком много тел.

Как же объяснять теоретически специфические свойства атомных ядер?.. В конечном счете, физики все-таки нашли выход. Они стали строить различные модели, объясняющие не все, а лишь некоторые свойства ядер.

Так, одной из характерных особенностей ядерных явлений была особая устойчивость некоторых ядер, участвовавших в ядерных реакциях. Атомы, обладающие такими ядрами, были, естественно, наиболее широко распространены в природе. Когда сравнили их между собой, то оказалось, что все они обладают четным количеством протонов и нейтронов. Мало того, наивысшая устойчивость проявлялась ядрами, имеющими два протона или нейтрона, восемь протонов или нейтронов, двадцать, 28, 50, 92, 126... Получался ряд каких-то заколдованных, магических чисел. Их так и называли «магическими числами» и «магическими ядрами».

А теперь небольшое напоминание: какие из элементов периодической таблицы обладают наибольшей устойчивостью? Перечислим их: гелий-2, неон-10, аргон-18, криптон-36, ксенон-54, радон-86... А теперь возьмите разность между массовыми числами. Получите: 2, 8, 18...

После того как был открыт принцип Паули, устойчивость инертных газов объясняли особенностями строения их атомов. Атомы представляли имеющими слоистую оболочечную структуру. Если оболочка была заполнена, то есть в нее входили все дозволенные принципом Паули электроны, то она приобретала особую стабильность. От нее оказывалось трудно и оторвать электрон, и присоединить еще один было некуда. Заполненные до отказа электронные оболочки оказывались замкнутыми. И атомы такой структуры не вступали в химические реакции.

Стоп! А нельзя ли по такому же принципу построить и модели «магических ядер». Ведь их исключительная устойчивость прямо-таки подталкивает к мысли об оболочечной структуре ядра...

Как только такая мысль возникла, теоретики тут же соорудили соответствующую модель атомного ядра и принялись с ее помощью объяснять наблюдаемые в ядрах явления.

Оболочечные модели атомных ядер получили наибольшее распространение в современной физике. И хотя в настоящее время существует немало и других типов моделей, именно оболочечная структура оказалась наиболее плодотворной.

Другой, противоположной моделью явилась капельная модель ядра. В свое время она оказалась также весьма плодотворной, позволив физикам разработать целый ряд новых методов и показав им возможности, скрытые в недрах атомных ядер.

Именно капельная модель ядра натолкнула физиков на разработку основ нового экспериментального метода ядерной спектроскопии, в которой вместо фотонов используются волновые свойства нейтронов. Она показала теоретикам возможности лавинообразного процесса деления ядер тяжелых элементов, получения огромных количеств энергии, атомных бомб, а впоследствии и горючего для двигателей. Наконец, именно эта модель подтолкнула физиков к разработке методов получения новых трансурановых элементов и к созданию первых урановых «котлов» или «реакторов», как чисто экспериментального, так и сугубо практического характера, предназначенных для получения ядерного горючего.

Зимой 1934 года Ирен Кюри и Фредерик Жолио сообщили об открытии искусственной радиоактивности. Они описали опыт, в результате которого алюминий, облученный альфа-частицами, превращался в радиоактивный фосфор. Это сообщение вызвало большой интерес. А что, если попробовать облучать уран? Не получится ли следующий трансурановый элемент с порядко-

**ПОД ЗНАКОМ  
НЕПТУНИЯ**

вым номером 93. У него, так же как и у урана, при делении ядер получаемая энергия должна была превосходить затраченную. Представляете себе задачу — отыскать еще один делящийся элемент! Заманчиво...

Такую задачу поставил перед своими молодыми сотрудниками, «мальчиками», как сам их называл, итальянский физик Энрико Ферми. Он предложил облучать урановую мишень нейтронами. Поскольку электрического заряда у нейтрона нет, шансы пробиться сквозь зарядовый барьер к ядру у него самые большие. А уж угодив в ядро, что-то он там обязательно натворит. Что именно?.. Ферми рассчитывал, что ядро урана с массовым числом 238 захватит нейtron и перейдет в искусственный радиоактивный изотоп — уран 239. Тот, в свою очередь, испустит бета-частицу, превратится в изотоп трансуранового элемента с атомным номером 93.

Сначала все шло, как и намечалось. Облученный уран становился радиоактивным. «Мальчики» исследовали мишень за мишенью, но... вожделенного 93-го элемента почему-то не находили.

Примерно тогда же американский физик из Калифорнийского университета Эдвин Макмиллан собирался приступить к измерениям расстояний, которые пробегали осколки ядер после деления. Это была вполне добродная научная работа по тем временам. Чтобы заняться задуманным экспериментом без помех, следовало дождаться лета. Когда большинство коллег ушли на каникулы, в распоряжении Макмиллана остался ше-



И. Жолио-Кюри  
и индийский физик Х. Баба  
беседуют с Н. Бором.

стидесятидюймовый университетский циклотрон. И вот эксперимент...

Прежде всего он поставил на машину мишень из бериллия, направив на нее поток дейтронов из ускорителя. Дейтроны выбивали из бериллия нейтроны, которые Макмиллан предполагал использовать для облучения второй мишени из урана. Как ее сделать? Американский



*А. Ф. Иоффе и Р. Милликен  
в Технологическом институте  
в Пасадене (США), 1927 год.*

Физик сложил гармошкой длинный лист папиросной бумаги и покрыл первую его страничку окисью урана. Нейтроны будут разбивать его ядра, радиоактивные осколки которых, в зависимости от своей энергии, станут проникать на разную глубину «гармошки». По активности отдельных листочеков он сможет судить о том, сколько осколков куда добрались.

Простое и остроумное решение. Однако уже на первых порах исследователь столкнулся с результатами, которых не сумел объяснить. В ураново-бумажном «бутерброде» после облучения обнаружились два радиоактивных изотопа. Один — с периодом полураспада 23 минуты. Он сомнений не вызывал — уран-239. Это доказали еще немцы в 1936 году. А вот второй? ..

Дни проходили за днями, второй изотоп расшифровке не поддавался. Макмиллан был в отчаянии. Он чувствовал, что «заделил» что-то любопытное. Но чтобы состоялось открытие, таинственного незнакомца следовало тщательно изучить, определить все его химические свойства. А Макмиллан был физиком и был один. Ему просто не хватало рук. Впрочем, тем, кто по-настоящему увлечен своим делом, судьба непременно посыпает какую-нибудь удачу. Надо только вовремя ухватить ее за хвост.

На этот раз «подарком судьбы» оказался приятель Макмиллана Филипп Эйбельсон, такой же тридцатилетний жизнерадостный физик, решивший повеселее провести свои майские каникулы и потому приехавший в Беркли.

Позже он рассказывал, что это были действительно самые «веселые» каникулы в его жизни. Если ты настоящий ученый, а приятель наткнулся на что-то интересное и просит помочь, то какой может идти разговор о планах отпуска? .. Оба сутками не вылезали из института, бегая от циклотрона в химическую лабораторию и обрат-

но. Спали урывками, ели на ходу и что придется. Зато к концу отпуска Эйбельсона оба знали о таинственном незнакомце все! Это был девяносто третий элемент таблицы Менделеева, первый в истории искусственно созданный человеком химический элемент!

Макмиллан предложил назвать его нептунием. Поскольку в Солнечной системе за орбитой планеты Урана лежит орбита Нептуна, то пусть и в таблице химических элементов соблюдается такой же принцип.

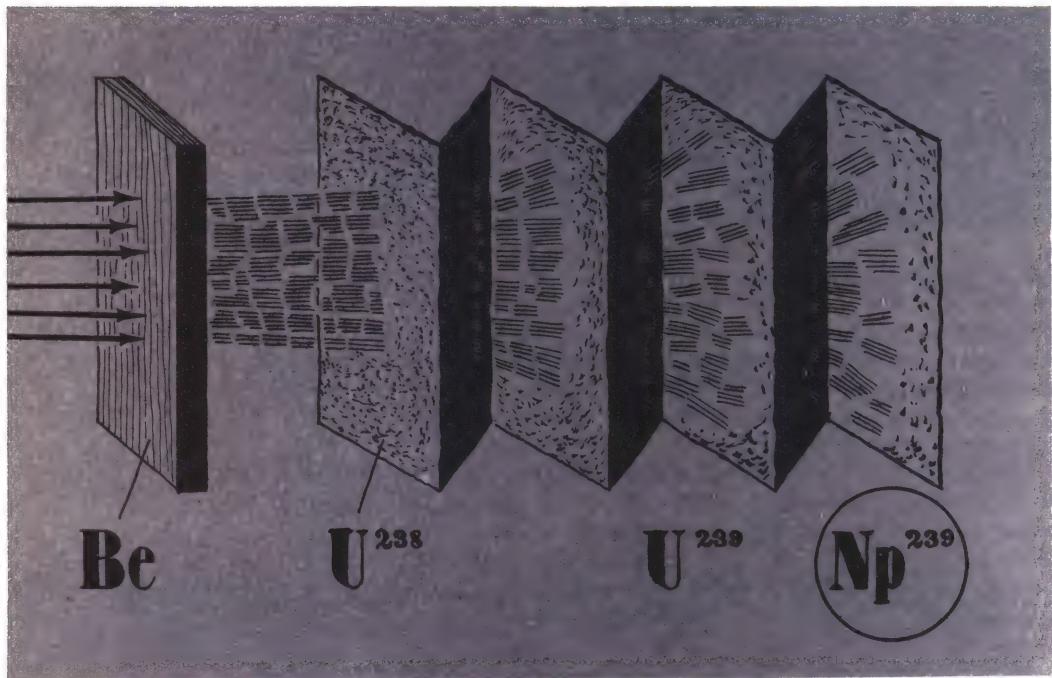


Схема опыта Макмиллана.

Не теряя времени, физики сели за стол и написали статью, в которой подробно рассказали, как уран-238 захватывает нейтрон и превращается в уран-239 с периодом полураспада 23 минуты. И как потом, в свою очередь, неустойчивый изотоп урана превращается в нептуний-239.

Сообщение было опубликовано. Его прочитали. И только после этого спохватились. Великобритания уже воевала с гитлеровским рейхом, и потому англичане первыми сообразили, какую информацию можно было извлечь из такой статьи. «Ах, эти легкомысленные янки! Да такое сообщение должно быть архисекретным!» Разгневанный сэр Д. Чедвик, тот самый, который открыл нейтрон в 1932 году, потребовал от своего правительства заявить США решительный протест.

Трудно сегодня сказать, эта ли акция возымела действие или что-то другое, но буквально через несколько дней на сообщения о ядерных исследованиях в Америке была введена цензура.

Между тем исследования в Калифорнийском университете продолжались. Каникулы кончились, и к работе Макмиллана подключили целую группу радиохимиков. Надо было, не останавливаясь, закрепить и развить достигнутый успех. И вот в декабре того же года, облучая уран ядрами тяжелого водорода, ученые обнаружили еще один неизвестный ранее продукт, излучающий альфа-частицы с периодом полураспада 90 лет. Теперь сомнений не было. Все знали, что открыт второй искусственный трансуран — 94-й элемент таблицы Менделеева.

На этот раз исследователи не спешили оповестить мир об открытии. Они даже не торопились окрестить свое детище. Странная медлительность, не правда ли? Обычно первооткрыватели торопятся назвать новый элемент, пока еще не высохли чернила на листе расчетов. А тут? Окончив рабочий день, физики и химики тихонько уходили из лабораторий, молча затворяли за собой двери и так же молча ехали домой.

Над 94-м элементом опустился занавес тайны. Пройдет год, и та же группа синтезирует второй, более важный изотоп нового элемента. Изотоп с периодом полураспада 24 000 лет. И снова ни строчки о нем не попадет в научную печать. В 1942 году химики получат первое чистое соединение элемента 94, а потом обнаружится, что он существует в природном состоянии и будет найден в урановой руде, вывезенной из Конго...

Большая судьба ждала новый элемент. Злая судьба, проклятая судьба. Только в 1948 году, когда секрет атомной бомбы перестал существовать, 94-й получил имя. Его назвали плутонием.

#### ПРИМЕЧАНИЕ № 4,

которое может пригодиться тем, кто заинтересуется сверхтяжелыми трансуранами

Трансурановыми (или заурановыми) называются искусственные радиоактивные химические элементы, расположенные в конце периодической системы Менделеева вслед за ураном. Их нет в природе. Образовавшись вместе с нашей планетой, они давно распались на более легкие элементы. А вот почему они оказались неустойчивы и распались — об этом, пожалуй, придется поговорить подробнее.

Если вы еще раз посмотрите в таблице Менделеева на числа, обозначающие общее количество протонов и нейтронов (A) в ядрах атомов элементов, то заметите любопытную закономерность: как правило, в легких ядрах (с числом нуклонов меньше 20) количество протонов и нейтронов одинаковое. В более тяжелых ядрах с ростом атомного номера доля нейтронов увеличивается. В чем причина?

Конечно, она не одна. Но главную можно усмотреть в непрерывной борьбе между силами притяжения и отталкивания, которая происходит в любом ядре.

Я напомню: на очень близких расстояниях между протонами и нейтронами происходит обмен мезонами, и они притягиваются друг к другу с помощью ядерных сил. В то же время любые, одинаково заряженные частицы отталкиваются друг от друга под действием сил электростатического отталкивания. Ядерные силы могут

щественное электростатических, но действуют на более короткие расстояния. Значит, протоны, заряженные положительно, должны и притягиваться и отталкиваться. Нейтроны же, расположенные рядом, могут испытывать только притяжение.

В ядрах с числом протонов больше десяти о крайних частицах уже нельзя сказать, что они «сидят рядом». Ядерные силы притяжения между ними ослаблены. Силы отталкивания тоже становятся меньше, но не намного.

Такие ядра можно удержать от распада добавлением избытка нейронов, которые испытывают только притяжение.

Конечно, подобное упрочнение ядра тоже имеет свои пределы. Ведь чем больше в нем частиц, тем дальше друг от друга они находятся, тем слабее их взаимное притяжение.

Самым тяжелым ядром, заключающим шеренгу стабильных элементов, является изотоп висмута. Его ядро содержит в себе 83 протона и 209 нейтронов. Все последующие более тяжелые ядра, с большим количеством нуклонов, неустойчивы в принципе. Они со временем обязательно распадутся на более легкие, а значит, и на более устойчивые осколки. При этом предсказать, когда именно данный атом «развалится», невозможно. Это может произойти и на наших глазах, а может и через тысячу лет.

Работать в условиях такой неопределенности очень нелегко. И потому физики ввели представление о среднем времени жизни атома. Определяется оно периодом полураспада, то есть временем, за которое половина всех атомов радиоактивного образца распадается.

Период полураспада ( $T_{1/2}$ ) радиоактивного вещества — это свойство, не зависящее ни от каких физических условий, в которые мы могли бы поместить образец: подвергнуть его огромным давлениям, расплавить, испарить и так далее.

Ученые знают периоды полураспада всех элементов.

Например, у радия период полураспада равен приблизительно 1600 годам. Будем считать, что у нас с вами есть образец, содержащий ровно один грамм радия-226. Пройдет 1600 лет, и радия в образце останется полграмм. Пройдет еще 1600 лет, и от первоначального его количества останется четвертая часть. И так далее. С ростом массового числа период полураспада радиоактивных элементов становится все меньше.

## ТРАНСУРАНОВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Рассказывают, что однажды в начале пятидесятых годов Игорь Васильевич Курчатов задумался, что делать дальше?

После напряженного рабочего дня, после тысячи решенных дел выдался часок, когда можно было подумать, поговорить... Они сидели вдвоем — давние знакомые: сначала учитель с учеником, потом руководитель, начальник с подчиненным по работе, по большому общему делу и, наконец, как коллеги по любимому занятию и друзья — И. В. Курчатов и Г. Н. Флеров.

Сначала разговор шел об итогах проделанной работы. Что ж, сделано немало: выполнено задание Родины по укреплению боеспособности ее Вооруженных Сил. Советский Союз стал атомной державой. На этой работе обучены и воспитаны замечательные кадры: научные работники, руководители, инженеры-технологи... Создана отличная экспериментальная база, на которой ведутся разработки «мирного атома»: будущих электростанций,

мощных и компактных двигателей для ледоколов. Атомная энергия приступила к служению народному хозяйству... А что дальше? Какие еще направления следует разрабатывать молодой отрасли науки?

Курчатов и слышать не хотел, чтобы заниматься «наукой вообще». Нет и еще раз нет! Только тем, что позволит проникнуть в новые области, что откроет новые горизонты. Но что именно?

Примерно в то же время в научной печати одна за другой задним числом стали появляться статьи американских физиков. Они сообщали об успехах в области синтеза новых искусственных трансурановых элементов. Для наших специалистов дело это было совсем новым. Если начинать с азов, то так и будешь плестись в хвосте у лидеров. Если включаться и подхватывать работу на данном этапе, значит, сразу же окунуться в трудности.

Курчатов с Флеровым понимали, что каждый новый элемент будет даваться в руки в сотни и тысячи раз труднее, чем предыдущие.

И все-таки они решились. Игорь Васильевич сказал: «А то... пройдет сто лет, оглянутся потомки на наши времена и скажут: «Ну, реакторы, ну термояд, а вот новых элементов в СССР не делали». Нелестным будет это замечание. Ведь синтез новых элементов — это один из индикаторов уровня науки. За него обязательно нужно браться».

В своем интервью корреспонденту журнала «Наука и жизнь» в 1975 году академик Флеров вспоминал: «Работали мы на старом небольшом полутораметровом циклотроне Института атомной энергии. В нашу группу входили молодые ребята, тринадцать дипломников Ленинградского политехнического и Московского инженерно-физического институтов. Не было опыта, но не было и традиций, которые давят. Дело — новое, на нем и учиться».

Начало учебы пришлось на то время, когда заокеанские коллеги уже накопили опыт, открыв девять зауранных элементов. Вот их перечень, начиная с самого первого трансурана — с нептуния.

93	нептуний	открыт в 1940	в США
94	плутоний	открыт в 1941	в США
95	америций	1944	США
96	кюрий	1944	США
97	берклий	1949	США
98	калифорний	1950	США
99	эйнштейний	1952	США
100	фермий	1953	США
101	менделевий	1955	США

Однако чем тяжелее становились ядра атомов трансуранных элементов, тем больше вставало трудностей



Г. Сиборг — один из открывателей трансуранных элементов.



*А. Гьорсо — опытный «охотник» за трансуранами — после удачного эксперимента.*

на пути их получения. Уже в 1955 году, многократно бомбардируя частицами мишень, содержащую эйнштейний, американские физики добыли всего несколько атомов сто первого элемента. Атомов! Вы представляете себе?.. К 1958 году количество этих атомов достигло сотни. Можно было попытаться с помощью изощренных методов не химии, даже не микрохимии, а ультра-микрохимии провести анализ и установить свойства нового элемента.

Период его полураспада оказался равным всего тридцати минутам. Назвали элемент «менделевием» в честь творца периодического закона.

«К сожалению, — писали Гьорсо и Сиборг, главные специалисты по новым трансуранным элементам и руководители почти всех экспериментов по перечисленным выше трансуранам, — по мере повышения порядкового номера периоды полураспада становятся, по-видимому, все меньше и меньше. К тому времени, когда будет осуществлен синтез элементов 104 и 105, мы, вероятно, сумеем установить, что даже долгоживущие изотопы этих элементов будут существовать в течение времени, едва ли достаточного для идентификации их химическим способом».

В такой обстановке наши советские физики начинали эту работу. Возникл законный вопрос, который тревожил еще Дмитрия Ивановича Менделеева: где граница периодической системы? Сколько химических «кирпичей» сумела создать природа для всего бесконечного разнообразия окружающего мира? ..

### **ПРИМЕЧАНИЕ № 5,**

*в котором речь идет об устойчивости атомных ядер, а также о необычайном путешествии по морю нестабильности от материка к неведомым островам...*

Действительно, если сравнить между собой времена жизни искусственно синтезированных элементов, то нетрудно заметить, что с увеличением атомного номера период полураспада катастрофически укорачивается. Вот несколько примеров: уран — естественный радиоактивный элемент — живет миллиарды лет. Ядра плутония-244 распадаются через сотню миллионов лет. Ядра калифорния-250 живут всего около десяти лет. Век эйнштейния-251 — двести семьдесят дней, фермия-252 — порядка двадцати часов, а менделевий распадается уже за тридцать минут. Почему?

Сначала исследователи решили, что все дело заключается в том, что, чем больше заряд ядра, тем сильнее к нему притягиваются электроны внутренних орбит. И при порядковом номере элемента что-нибудь около 170—180 наступает захват ядром этих электронов. А раз так, то дальше заряд ядра расти не мог. Отрицательно заряженные электроны нейтрализовали заряды протонов.

Попробуем построить закономерность уменьшения времени жизни открытых трансуранов и экстраполировать ее дальше на более тяжелые и еще не открытые... Получается, что уже сто восьмой элемент должен жить не больше чем  $10^{-20}$  секунды.

А вы представляете себе  $10^{-20}$  секунды? Да за такой миг не только электронная оболочка вокруг ядра не образуется, но и само-

то ядро вряд ли успеет организоваться. Давайте попробуем разобраться, что происходит в первые мгновения после того, как тяжелый ион врезается в ядро атома мишени и два ядра сливаются воедино...

Прежде всего «рождение» сопровождается бурными внутренними потрясениями. Нуклонам — нейtronам и протонам — нужно время, чтобы «прийти в себя». То есть наладить взаимодействие и начать совместное движение, как говорится, «организоваться в единое ядро». Ведь нуклоны в ядрах непрерывно движутся, причем движутся довольно быстро. Их скорость всего раз в десять меньше скорости света. А хватит ли  $10^{-20}$  секунды на то, чтобы из простого набора, сгустка нуклонов получилось единое ядро?

Оказывается — нет, не хватит! За такой короткий промежуток времени нуклоны успеют пролететь расстояние, меньшее диаметра ядра. О каком же совместном движении и единой системе может идти речь?

Нет, теоретически из сгустка нуклонов ядро сто восьмого элемента не получишь. 108 протонов — это слишком много для ядра! А сколько еще не слишком много: 107 или 106, может быть, 105 или 104? Может быть, синтезируя трансураны, физики вот-вот подберутся к границе mendeleevskой таблицы, к самому последнему элементу, за которым у Природы нет ничего в запасе? Однако хитроумная Мать-Природа безгранична на изобретательность.

Я уже рассказывал, что чаще всего попадаются в природе такие ядра, которые имеют в своем составе количество протонов или нейtronов, равное почему-то семи магическим числам: 2, 8, 20, 28, 50, 82, 126...

Во всех опытах такие ядра оказываются более устойчивыми. Они имеют наибольшее количество долгоживущих изотопов. Более того, при переходе количества нуклонов через магические числа резко меняются многие свойства атомных ядер.

Особенно прочными являются дважды магические ядра, у которых заполнены до конца и протонные и нейtronные оболочки.

Повышенная устойчивость атомных ядер — очень важная проблема для тех, кто ищет трансурановые элементы. Магическое ядро не только само по себе устойчиво. Оно должно иметь и устойчивых соседей. Образно говоря, в океане нестабильности вокруг островов стабильности, какими являются магические ядра, должны располагаться отмели, а то и архипелаги из устойчивых элементов.

Значит, еще где-то могут быть вполне устойчивые элементы, с такими необходимыми человеку свойствами, о которых он может только мечтать. Надо только добраться до этих островов стабильности и как следует поискать вокруг них...

Некоторые теоретики предполагают, что ближайшую «отмель» в океане нестабильности трансурановых элементов следует искать в районе элемента с номером 114. Ядра его атомов дважды магические со 114 протонами и 184 нейtronами. И, судя по последним сообщениям, на пути к 114 элементу у исследователей есть успехи.

Синтез новых ядер, изучение их — все это важные шаги к единой теории атомного ядра. К такой теории, которая, подобно периодической системе Д. И. Менделеева, могла бы объяснить и предсказывать свойства ядер всех существующих в природе атомов.

А ведь атом по существу — по массе и энергии — состоит в основном из ядра. Полное овладение теорией ядра будет означать и новые энергетические возможности для человека.

---

Флеров Георгий Николаевич (род. в 1913 г.) — советский физик, академик. После окончания Ленинградского индустриального института в 1938 году работал в Физтехе под руководством И. В. Курчатова, а затем в других институтах АН СССР.

Основные труды посвящены физике атомного ядра, а также физике космических лучей.

В последние годы работает в Объединенном институте ядерных исследований, где руководит большим коллективом, занятым изучением радиоактивности ядер и синтезом трансурановых элементов.

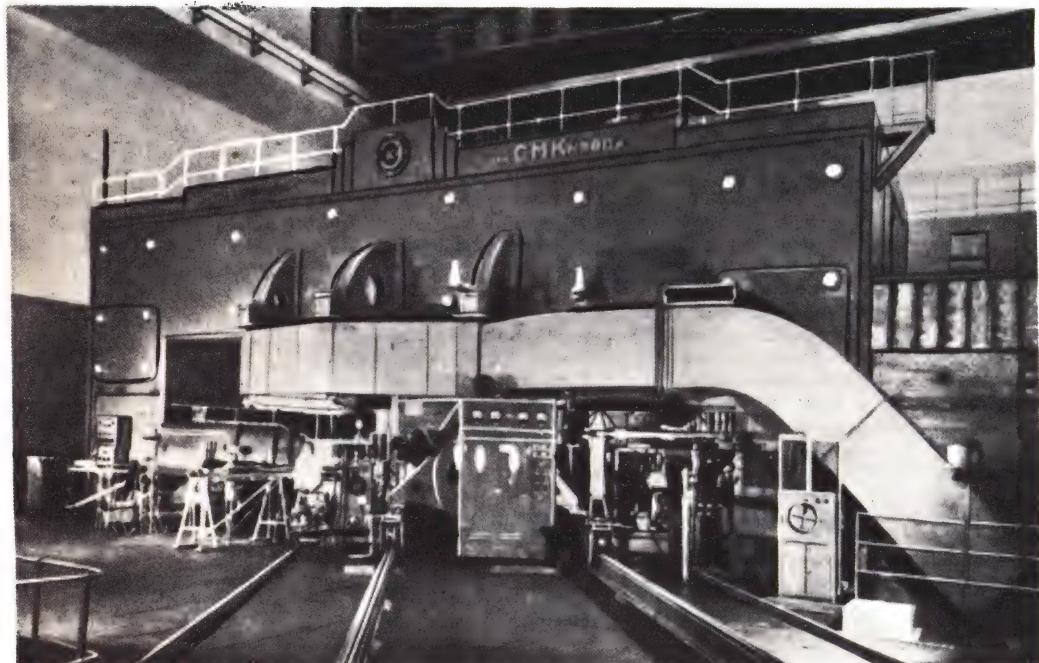
Г. Н. Флерову принадлежит ряд выдающихся открытий и работ в ядерной физике.

---

## ПОДАРОК ПАРИЖСКОМУ КОНГРЕССУ

В 1960 году в Дубне, в Объединенном институте ядерных исследований (ОИЯИ) заработал новый циклотрон. Это был настоящий праздник. Надежды на новую машину возлагались большие. Это и понятно, в мире кипели страсти. Физики разных стран соревновались в открытии новых трансурановых элементов. Искусственные сверхтяжелые изотопы стали как бы мерой уровня развития ядерной физики, показателем достигнутых успехов.

На ускорителе Нобелевского института физики в Стокгольме шли поиски сто второго элемента. В Беркли американцы прицеливались к сто третьему. Георгий Николаевич Флеров со своим молодым коллективом размышлял над сто четвертым...



680-мэвийный ускоритель  
протонов в Дубне.

Летом 1962 года в Дубне была окончательно отработана методика эксперимента. Мишень из сильно радиоактивного изотопа плутония-242 укрепили на ускорителе, и зал опустел. Над входом зажглось предупреждающее табло «Циклотрон работает», и замигала красная лампа. Она мигала день и ночь, сутки за сутками. И круглые сутки дежурили возле своей машины физики. Они почти ощущали, как разгоняются ионы тяжелого неона-22, как летят они на финишной прямой в мишень, как пробивают зарядовый барьер и врываются в ядра атомов плутония, как разрушают и перестраивают их, выбивая продукты деления в регистрирующие устройства... Они видели мысленным взором весь процесс. Но нужно было

видеть не мысленно, а глазами, по результатам беспарастного анализа. А анализ ничего утешительного не говорил.

Новый дубненский циклотрон, краса и гордость Объединенного института ядерных исследований, крутил и гонял частицы-снаряды впустую. Следы, похожие на ожидающий распад ядер сто четвертого, попадались так редко, что не стоило их принимать во внимание. Это была игра статистики, не более.

---

РАССКАЗЫВАЮТ, что, когда Г. Н. Флеров собирался на конгресс по ядерной физике, который должен был состояться в Париже летом 1964 года, надежных результатов по сто четвертому все еще не было. На стеклянных детекторах после проправки время от времени появлялись следы-осинки, смысл которых можно было истолковать как результаты распада ядер элемента с временем жизни около одной трети секунды. Но почти так же легко можно было эти следы и спорить.

— Очень уж они редки, — горевал руководитель группы Юрий Цолакович Оганесян. — За пять часов работы ускорителя синтезируется один атом.

— А может, это и не сто четвертый? Может быть, просто грязная мишень и это следы других, более легких элементов? — высказывал дежурное сомнение Флеров. Он очень не хотел, но обязан был сомневаться. И хотя все знали, что это следы сто четвертого, никто не возражал против нового плана проверочных опытов.

Перед самым отъездом Флеров сказал:

— Если контрольные опыты дадут надежные результаты, тогда... Тогда присыпайте телеграмму! — С этими словами и улетел.

Москва — Париж — меньше двух часов полета. А там гостиница, встречи, жаркие парижские улицы с пестрой толпой туристов и африканцами, продающими разные фигурки из дерева...

Телеграмму он получил за час до своего выступления и не смог отказать себе в удовольствии преподнести это известие в качестве сюрприза зарубежным коллегам. Коллеги аплодировали. Коллеги всячески выражали свой восторг успехом советской ядерной физики. Коллеги поздравляли. Шесть дней конгресса пролетели незаметно. И снова самолет. Только на этот раз Париж — Москва.

---

Два года спустя чехословацкий химик Иво Звара, сотрудник лаборатории Флерова, описал метод отделения и транспортировки короткоживущих атомов, которым они пользовались, определяя их химическую принадлежность.

Его статья — настоящий научный детектив, который читается с неослабевающим интересом. Ведь только подумать, что за 690 часов работы циклотрона им удалось зарегистрировать всего 12 атомов нового элемента. И по этим считанным единичкам ультрамикрохимики лаборатории ядерных реакций определили химические свойства элемента, доказали, что он отличается от актиноидов и действительно близок, как и ожидали, к гафнию.

В их работе все было новым. Ни сто первый, ни сто второй к тому времени не были опознаны химическим путем. Да, что говорить! Победа была полной!

#### КОРОТКОЕ СООБЩЕНИЕ

1964 год, Дубна. Группа ученых во главе с Г. Н. Флеровым (СССР) осуществила синтез элемента 104. Мишень из плутония-94, изотоп с массовым числом 242, облучалась ускоренными ионами неона-10, изотоп с массовым числом 22. В результате эксперимента можно с уверенностью предполагать, что был синтезирован изотоп элемента 104 с массовым числом 260. Период полураспада  $T_{1/2} = 0,3$  секунды.

6 июля 1966 года Ученый совет Объединенного института ядерных исследований утвердил предложение сотрудников лаборатории ядерных реакций, руководимой Г. Н. Флеровым, — «В знак признания выдающихся заслуг академика И. В. Курчатова в развитии ядерной физики присвоить новому элементу название «курчатовий» и химический символ «Ки».

## ЕСТЬ «СТО ШЕСТОЙ»!

В 1968 году дубненские физики получили во владение еще один новый циклотрон. Надо ли говорить, как они были рады? Особенно когда возникло предложение разгонять тяжелые ионы... Но об этом, пожалуй, нужно рассказать более подробно, потому что задача оказалась связанный с синтезом нового элемента.

Начали с того, что взяли мишень из кюрия-96 и принялись обстреливать ее ионами неона-10:  $96 + 10 = 106$ , казалось бы, чего проще? Но кюрий сам по себе чрезвычайно радиоактивен. Без всякой бомбардировки он охотно делился, создавая такой фон, в дебрях которого просто невозможно было разглядеть что-либо. Ничего из этого опыта не получилось.

Американцы взяли мишень из калифорния-98 и обстреляли ее ионами кислорода-8:  $98 + 8 = 106$ ... Тоже ничего хорошего. Вот взять бы мишень из какого-нибудь менее радиоактивного и более легкого элемента и обстрелять ее более тяжелыми ионами... Но для разгона тяжелых ионов мощностей ускорителя не хватало. Нужен был какой-то фокус. Но какой?...

В Дубне мечтали: «Вот взять бы мишень из урана-92, а в качестве снарядов ядра атомов кремния-14.  $92 + 14$  должны дать в результате ядра сто шестого...» Должны-то должны, но ядра урана — довольно рыхлые образования. Значит, и ядра сто шестого, которые получатся, будут перевозбужденными. Большинство станет тут же разваливаться, и «выход» атомов, доступных наблюдению, снизится. А на сколько? Может, до одного ядра за неделю работы циклотрона. Попробуй поймай... Нет, в качестве мишени надо брать что-то более прочное, компактное, как снежок из сырого снега.

Может быть, попробовать свинец? Взять в качестве мишени самый устойчивый элемент с двойным магическим ядром, свинец-82. Чем тогда его нужно обстреливать?  $106 - 82 = 24$ . Двадцать четыре — это атомный номер хрома. Но массовое число хрома  $A = 52$ ! На чем же разгонять такие тяжеленные ионы? Имеющийся ускоритель неплохо справлялся с ионами неона-10. Но ионы хрома он не потянет...

Один не потянет, а если взять да и подключить к нему второй ускоритель, старый? Если включить их «тандемом»? Мощность же увеличится?

Сегодня трудно даже сказать, кому первому пришла в голову эта идея. Конечно, пришлося поработать. Рабо-

тали все: и инженеры, и физики, и химики. И вот снова над входом в циклотронный зал замигала красная лампа и загорелись буквы уже знакомого транспаранта «цикло-трон работает».

Прошло время, и в 1974 году препринт (так называется экспресс-информация) Объединенного института ядерных исследований сообщил миру, что сто шестой советскими физиками взят!

20 50 82 126

184

число протонов



114

82

50

20

В 1973 году в Мюнхене проходила Международная конференция по физике атомного ядра. Участники советской делегации показали коллегам шутливую карту изотопов, имевшую большой успех.

На осях координат отложены по вертикали магические числа протонов, а по горизонтали — магические числа нейтронов. Из левого нижнего угла карты тянется материк, составленный из вполне стабильных ядер. Вокруг — бурное море нестабильности. По волнам этого моря плывут каравеллы исследователей, направляясь к далекому острову стабильности, находящемуся на пересечении координат 114 и 184.

Много трудностей поджидает отважных мореплавателей: бурные ветры, встречные течения и всевозможные химеры. Одна из таких химер в виде морского змея олицетворяет собой гипотезу ядерной вязкости.

Согласно ей, тяжелые ядра в принципе не могут сливаться в одно сверхтяжелое. Эта гипотеза некоторое время пользовалась популярностью среди части специалистов и тормозила дальнейшие исследования.

Но что бы ни случилось в пути, едва отправив очередной корабль, люди на берегу спешат заложить новый...



## КОРОТКОЕ СООБЩЕНИЕ

1974 год. Дубна. Ю. Ц. Оганесян с сотрудниками осуществили синтез элемента с атомным номером 106. По методу, предложеному Оганесяном, была осуществлена ядерная реакция между мишенью с 207-м, 208-м изотопами свинца и ионами хрома. Был идентифицирован спонтанно делящийся излучатель с периодом полураспада, равным нескольким миллисекундам, являющийся, по мнению авторов, 256-м изотопом сто шестого элемента.

### Комментарий

Это так просто написать: «Осуществлен синтез элемента с атомным номером 106», и все. А что прячется за этой короткой фразой?

В 1964 году в лаборатории ядерных реакций Г. Н. Флерова был синтезирован 104-й элемент, названный курчатовием. Потом, в 1970 году — 105 элемент, получивший название нильсборий в честь Нильса Бора. Потом... Нет, от сто пятого к сто шестому так же, как от сто четвертого к сто пятому, добраться было нельзя. Пришлось решать множество новых проблем.

Но многое и изменилось. Изменился опыт коллектива. Теперь это уже не просто группа молодых энтузиастов, возглавляемая корифеем атомной физики. Теперь это большой и умудренный опытом коллектив. За плечами его сотрудников немало дипломов на открытия. Многие защитили диссертации, стали специалистами с мировым именем. Впрочем, кого из советских людей этим удивишь? Путь от молодого специалиста до крупного ученого обычен для талантливого человека в нашей стране.

**Г. Н. Флеров — руководитель советской группы первооткрывателей сверхтяжелых элементов — в лаборатории Объединенного Института Ядерных Исследований.**

## «СТО СЕДЬМОЙ! СЛЕДУЮЩИЙ!...

Коллектив лаборатории ядерных реакций Объединенного института ядерных исследований продолжает поиск. В 1975 году был синтезирован 107-й элемент. Время его жизни, опять вопреки прогнозам теоретиков, оказалось в миллиарды и миллиарды раз более длительным, чем ожидалось. Это весьма вдохновляет исследователей. Потому что не зря говорил замечательный советский физик, академик Петр Леонидович Капица: «Хорош тот эксперимент, который не согласуется с теорией». Именно такой экспериментдвигает науку вперед.

Изменился за эти годы и адрес «головного предприятия» ядерной физики. Раньше «Меккой» трансуранов считался Беркли — небольшой американский городок студентов и ученых, отделенный от шумного Сан-Франциско широким заливом. Здесь в радиационной лаборатории Калифорнийского университета были синтезированы первые сверхтяжелые элементы, стоящие за пределами таблицы Менделеева.

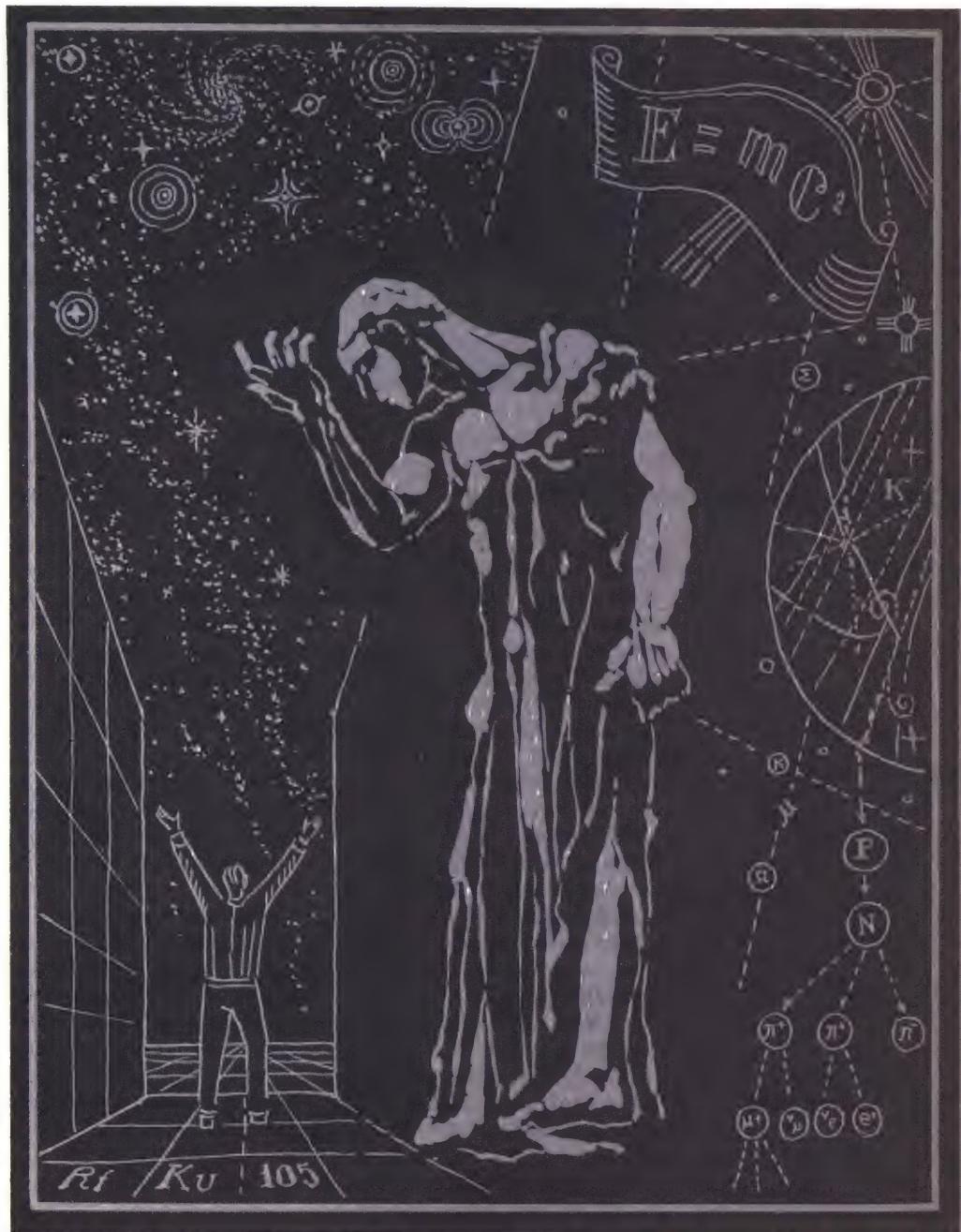
Теперь мировой центр этих работ переместился в Дубну — тоже небольшой советский городок физиков, отделенный от шумной Москвы тремя часами езды на электричке. Здесь в лаборатории ядерных реакций Объединенного института ядерных исследований дружные коллективы советских ученых и их коллег из стран народной демократии штурмуют атомные проблемы последней трети двадцатого века.

Продолжение списка открытых трансурановых элементов  
с 1955 года по наше время (1978 год)

102	жолиотий (нобелий)	1956—1959 1963—1966	СССР (Дубна) США
103	резерфордий (лоуренсий)	1965	СССР (Дубна) США
104	курчатовий (резерфордий)	1964	СССР (Дубна) США
105	нильсборий (ганий)	1970	СССР (Дубна) США
106		1974	СССР (Дубна)
107		1976	СССР (Дубна)



**Часть третья,** в которой физики,  
продолжая штурмовать атом, попадают  
в волшебный мир элементарных частиц



## ГЛАВА ОДИННАДЦАТАЯ



### ЧТО ТАКОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ?

Мы часто употребляем слова, не задумываясь над их истинным смыслом. Вы не обращали на это внимания?.. Возьмите хотя бы слово «взаимодействие», что оно означает?

Вот вы сидите на уроке и разговариваете с товарищем. Разговор — взаимодействие. Вы обмениваетесь словами. Слова выражают мысли. Вы оба — отдельная от класса мыслящая система, находящаяся во взаимодействии.

Другой пример — на спортивной площадке ребята играют в волейбол. Игроки одной команды взаимодействуют друг с другом — не дают мячу упасть на землю. Команды взаимодействуют друг с другом, обмениваются мячом и стараются забить гол.

Не значит ли это, что взаимодействие — это совместное действие отдельных частей, объединенных в систему? Почему бы и нет?.. Кончилась игра на спортивной площадке. Тренер унес мяч. Распались команды. Нет больше системы, остались отдельные элементы, просто ребята.

Учитель сделал вам замечание. Прекратилась болтовня. И тоже нет больше за партой отдельной от класса мыслящей системы. Вы вошли в состав другой, более общей системы учеников, взаимодействующих с учителем.

Наверное, всякое действие взаимно, потому что ему всегда соответствует равное и противоположно направленное противодействие.

Не бывает действия без ответа. При этом всякое действие предполагает обмен силами. А что является переносчиком этих сил?

В спортивной борьбе — мяч! В разговоре — слова! А какие еще взаимодействия можно заметить в окружающей нас природе? Только более фундаментальные, чем болтовня на уроке...

Пожалуй, самым первым, на которое человечество обратило внимание, было взаимодействие тяготеющих масс — гравитация, или, попросту говоря, притяжение. Ведь это оно вызывает такое привычное явление на Земле, как то, что разные предметы имеют разный вес. Оно же определяет движение спутников, планет, звезд и галактик относительно друг друга. Вы все это хорошо знаете.

Следующим по старшинству видом взаимодействия, с которым познакомились люди, было электромагнитное взаимодействие. Изучать его стали не так давно, но преуспели немало. Это и неудивительно. Мы ведь даже не задумываемся над тем, что все, буквально все: и то, как мы видим, и то, как слышим, как осязаем, обоняем, пробуем на вкус, — все есть результат электромагнитных взаимодействий нашего организма с природой. Да что говорить, когда «сама жизнь в основе своей — не что иное, как электромагнитное явление».

Электромагнитные силы по своему действию похожи на гравитационные. Они также проявляются на большие расстояния и ослабевают постепенно, обратно пропорционально квадрату расстояния между взаимодействующими объектами. Изучая их проявление, ученые создали стройную теорию электромагнитного поля, во многом похожую на классическую механику. И точно так же вопрос о том, что является переносчиком этих сил, их не особенно беспокоил. Только возникновение квантовой теории Планка и теории фотоэффекта, разработанной Эйнштейном, заставило физиков посмотреть на явления под другим углом зрения. Оказалось, что для электрических и магнитных сил переносчиками являются кванты света. Если теперь перейти к ядру, то составляющие его протоны и нейтроны тоже должны взаимодействовать, обмениваясь какими-то силами, чтобы сохранить свой коллектив, свою систему. Ни один из известных способов взаимодействия для частиц ядра не годился. Гравитационные силы были слабы, электромагнитные же рассталивали одноименно заряженные частицы, а не притягивали. Да и они были недостаточны, чтобы стянуть, как железными обручами, ядерные частицы воедино. Пришлось предположить, что в ядрах действуют новые силы, дотоле неизвестные исследователям.

Изучение нового вида взаимодействия принесло немало удивительных и обескураживающих открытий. Характер новых сил оказался совершенно необычным. Они оказались во много раз мощнее всех других. Энергия внутри ядра в миллион раз превосходила энергию



В науке нет широкой столбовой дороги,  
и только тот  
может достигнуть  
ее сияющих вершин,  
кто, не страшась усталости,  
карабкается  
по ее каменистым тропам.

К. Маркс



И. Е. Тамм — выдающийся физик-теоретик, создатель замечательной школы советской теоретической физики.

электромагнитных сил, которые помогали расщеплять вещества при химических реакциях.

Понятно, что никакое кипячение, прокаливание и перемешивание, которыми занимались алхимики, не могло разрушить ядра атомов одних элементов и превратить их в другие.

Характер ядерных взаимодействий оказался еще более удивительным. Проявлялся он только на чрезвычайно малых расстояниях. Можно было вплотную приблизиться к ядру атома и все еще не почувствовать влияния. Лишь внутри ядра, там, где протоны и нейтроны упакованы так плотно, что промежутки между ними сводятся к ничтожным расстояниям порядка  $10^{-13}$  см, ядерные силы вдруг вырастали до огромных значений.

Между тем дальнейшее изучение частиц приносило физикам все больше неожиданностей. Возьмите нейtron: хорошая, спокойная, нужная в хозяйстве частица. Но вот что любопытно: в свободном — одиночном — состоянии среднее время жизни нейтрона не больше пятнадцати минут. После этого срока он распадается. А в ядре?

В атомном ядре в паре с протоном нейtron живет себе и живет. Почему так? Наверняка здесь не обходится без ядерных сил. Но давайте на минутку оторвемся от истории физики, чтобы вспомнить одну, на мой взгляд, очень наглядную аналогию, приведенную в популярной книжке, посвященной законам атомного мира<sup>1</sup>.

Представьте себе, что вам с приятелем поручено перенести по льду озера тяжеленное ядро от старинной пушки. Ни носилок, ни других каких-либо средств, позволяющих вдвоем ухватиться за круглое скользкое ядро, у вас нет. Ташить можно только поодиночке. Но ядро такое тяжелое, что его в одиночку едва удержишь. И уронить на лед нельзя. Треснет. И остановиться отдохнуть тоже нельзя... Выход один — бежать, не останавливаясь, все время передавая ядро из рук в руки, как бы обмениваясь им. При этом чем тяжелее груз, тем ближе нужно держаться. Ядро не мячик...

Вы еще не поняли, к чему ведет эта аналогия? Ведь так же можно представить себе поведение нейтрона в паре с протоном в ядре. А стоит нейтрону оказаться одному, как он, словно не в силах удержать тяжелое ядро, бульк — и уходит под лед...

Но каким «грузом» могут обмениваться частицы? Наверное, тоже частицами? Частицами, которые являются представителями и выразителями ядерных сил, подобно тому, как кванты света — фотоны — являются представителями электромагнитных сил.

В 1934 году советский физик Игорь Евгеньевич Тамм сделал первую попытку создать количественную теорию ядерных сил нуклонов. Он предположил, что протоны и нейтроны в атомном ядре обмениваются (перебрасываются) квантами нейтринно-электронного поля...

<sup>1</sup> Рыдник В. И. Законы атомного мира. М., 1975.

Однако выбранные частицы оказались слишком легкими. Нуклоны, обмениваясь ими, должны находиться на слишком большом расстоянии друг от друга. Силы взаимодействия оказывались слишком слабыми, чтобы удержать нуклоны в ядре от разбегания.

Возвращаясь к нашей аналогии с ядром от старинной пушки, которую вы с приятелем тащите по льду, по-переменно передавая из рук в руки, можно сказать, что по теории Тамма вместо ядра в ваших руках оказался теннисный мячик...

Год спустя идею советского физика развил Хидэки Юкава, преподаватель университета в городе Осака. Он предложил считать, что взаимодействие между нуклонами осуществляется с помощью обмена частицами гораздо более тяжелыми, чем электроны. Раз в двести, в триста более тяжелыми... Только при таком условии они удовлетворительно описывали ядерные взаимодействия. Японский физик был совершенно уверен в том, что такие частицы должны существовать в природе, и настойчиво рекомендовал экспериментаторам искать их в космических лучах.

Экспериментаторы искали. Вооружились камерами Вильсона и до боли в глазах всматривались в треки частиц. И в 1937 году нашли! Андерсон и Нидермайер обнаружили в космическом ливне частицы, весьма похожие на предсказанные Юкавой. Назвали их «мезонами» от греческого слова «мезос», что означает средний. Масса новооткрытых частиц была промежуточной между массой электрона и протона. Она, как и предсказал Юкава, равнялась двумстам семи массам электрона.

Это было чудесное открытие! Новый триумф теоретической физики и новое подтверждение того, что учёные стоят на правильной дороге. Но истина слишком любит играть в прятки, чтобы сдаться на первом же этапе. Никто тогда и не предполагал, что это открытие — лишь заявка на начало длинного путешествия в океан новых открытий, новых ошибок, заблуждений, счастливых озарений и находок. Нам же с вами важно отметить, что ядерные силы в конце концов получили права гражданства, были признаны, и исследователи принялись искать их переносчиков в различного рода ядерных реакциях...

---

Тамм Игорь Евгеньевич (1895—1971) — советский физик, академик. В 1918 году окончил Московский университет и стал преподавать в ряде высших учебных заведений. С 1934 года начал работу в Физическом институте АН СССР.

Основные труды посвящены квантовой механике, теории излучения, теории космических лучей и взаимодействия ядерных частиц.

И. Е. Тамм создал целый ряд чрезвычайно остроумных теорий во всех перечисленных областях физики и предложил немало плодотворных идей, которые были впоследствии развиты его учениками и физиками других стран.

Прекрасный преподаватель и обаятельный человек Игорь Евгеньевич Тамм создал школу, к которой принадлежат многие выдающиеся физики-теоретики.

За свою большую и плодотворную работу И. Е. Тамм был удостоен Государственных премий, а также является лауреатом Нобелевской премии.

## КОГДА ЧАСТЕЙ ОКАЗАЛОСЬ БОЛЬШЕ, ЧЕМ НУЖНО ДЛЯ ЦЕЛОГО

В 1945 году группа американских физиков провела серию экспериментов по захвату мезонов космических лучей ядрами атомов легких элементов. И выяснилась неприятная вещь. Отрицательные «мю-мезоны», или «мюоны», как их стали величать впоследствии, вовсе не захватывались ядрами, как того требовала теория Юкавы. Даже в тех редких случаях, когда они вроде бы прилеплялись к ядрам, предварительно ободранным от электронов, то и тогда оказывалось, что новые частицы просто вращались по орбитам вокруг этих ядер наподобие отсутствующих электронов. И только. Получались как бы мезоатомы, то есть атомы, в которых электроны замещены мезонами. А тут еще подоспели теоретические расчеты Ферми и Теллера, которые показали, что мюоны на редкость «ленивые» частицы. Они в десять миллионов раз слабее, чем нужно, взаимодействовали с нуклонами. А раз так, то быть выразителями ядерных сил, как предсказывала теория Юкавы, они никак не могли.

Вот тебе и раз! Физики не скрывали своего огорчения. Во-первых, ломалась удобная теория, а во-вторых, непонятно становилось, что же собой тогда представляют мюоны? Получалось, вместо того, чтобы прояснить и без того не слишком ясную картину элементарного строения Вселенной, новые частицы ее только еще запутали. Ведь если они не «заведуют» ядерными силами, то они вообще лишние!

А может быть, теоретические мезоны Юкавы и мюоны, пойманные в космических лучах, не одно и то же? ..

Так оно и оказалось. В 1947 году было высказано предположение, что мезонов должно существовать два сорта. Один — состоящий из солидных, энергичных и тяжелых мезонов, предсказанных Юкавой. Другой же — из тех ленивых частиц, что были обнаружены в космических лучах. Они могли получаться в результате, например, распада тяжелых мезонов Юкавы в атмосфере Земли... Если это так, то тяжелые мезоны надо было искать выше, за пределами атмосферы, в первичном космическом излучении.

Физики так и поступили. И прошло совсем немного времени, когда, запустив в Боливийских Андах пачку фотопластинок на воздушном шаре, они обнаружили на одной из них неизвестный след, который вполне можно было приписать более тяжелому мезону. По следу физики определили, что новичок не в 207, а в 270 раз тяжелее электрона. Он весьма активно реагировал с ядрами и распадался в точном соответствии с прогнозом теоретиков.

Новая частица тут же получила название пи-мезона, или пиона! И вскоре их уже во множестве получали на ускорителях и изучали, изучали досконально. Пионы так энергично взаимодействовали с протонами и нейронами, что физики только руки потирали от удо-

вольствия. Уж на этот раз теоретический мезон Юкавы обнаружен окончательно. Теперь у них, у физиков, есть все, чтобы построить непротиворечивую модель атомного ядра. Все! И даже чуть-чуть больше, чем нужно.

Забегая вперед, скажу: с тех пор прошло примерно тридцать лет. Но и по сей день роль мю-мезонов, или мюонов, в общей картине строения материи не очень ясна. Физики неплохо изучили эти частицы. Знают их жизнь, продолжающуюся в среднем чуть больше двух микросекунд. Мюоны оказались полностью подобны электронам, но потяжелевшими в 207 раз. Родилась даже целая отрасль науки «мезохимия», изучающая свойства мезоатомов и имеющая, по мнению специалистов, большое и интересное будущее. Но вот что делают мюоны в общем круговороте частиц, пока непонятно!

По современной классификации, о которой речь впереди, мюоны перестали даже вообще относиться к семейству мезонов. Вместе с электронами, нейтрино и антинейтрино их числят в группе элементарных частиц, не обладающих сильным взаимодействием, так называемых лептонов. Кстати, а откуда взялись нейтрино? Вы помните, как Резерфорд, исследуя радиоактивность, обнаружил три сорта лучей: альфа-лучи, бета-лучи и гамма-лучи. Продуктами бета-распада оказался поток электронов, вылетающих из атомных ядер.

Я не говорю уже о том, что факт вылета электрона из ядра был сам по себе непонятен. В положительно заряженном ядре электронов быть вроде бы не должно! Только протоны и нейтроны. В конце концов физики согласились, что в ядрах атомов радиоактивных элементов нейтроны почему-то в один прекрасный момент выбрасывают неизвестно откуда взявшимся у них электроны и превращаются при этом в положительно заряженные протоны. Понятно, что, выскакивая из ядра, электроны каждый раз уносили с собой некоторую часть запасенной там энергии. Грубо говоря, вылетающий электрон толкал ядро. При этом ядро должно было приобрести импульс, равный по величине импульсу вылетевшего электрона и направленный в противоположную сторону. Точь-в-точь как при вылете снаряда из ствола пушки...

Но когда импульсы измерили, оказалось, что они далеко не равны. «Отдача» была больше «толчка»...

Согласитесь, что столько несогласий для одного электрона — это что-то многовато. Физики забеспокоились. Зашатался один из наиболее общих законов природы — закон сохранения энергии.

Единственный выход нашел Паули. Он предположил, что при бета-распаде из ядра вылетает не один электрон, а вместе с еще какой-то частицей — маленькой, электрически нейтральной и с массой чуть ли не равной нулю. Обнаружить такую частицу даже самым чувствительным прибором было поистине невозможно. Но именно такая крошка спасала положение.



Чем меньше результат опыта, тем больше теорий он рождает.

Гипотезу Паули подхватил итальянский физик Энрико Ферми. Он назвал частицу-малютку «нейтрино», что означало по-итальянски «нейтрончик», и с ее помощью построил теорию бета-распада, в которой не было никаких несоответствий, кроме одного... Сколько ни старались физики-экспериментаторы поймать частицу-невидимку, поймать нейтрино им не удавалось ни в одном опыте. Правда, Ферми предупреждал, что его «теоретическое дитя» так слабо взаимодействует с веществом, что может пронизывать звезды и планеты бесследно. И все же красавая теория «повисла в воздухе». Вы ведь понимаете сами, что никакая, даже самая распрекрасная, теория не может быть признанной, пока ее не подтвердит опыт. Лишь в 1956 году, изучая излучение атомного реактора, физикам удалось подтвердить экспериментально существование нейтрино.

Между тем самый метод — придумывать частицы и сваливать на них возникающие теоретические трудности — физикам понравился. И скоро вы увидите, что из этого получилось.

### ПРИМЕЧАНИЕ № 6,

*в котором читатель встречается с первой попыткой систематизации частиц*

К 1947 году список известных элементарных частиц (если не считать предполагаемых нейтрино) состоял из 12 позиций. 12 представителей микромира — немного. Такое количество не повод для беспокойства, но уже возникает потребность хоть как-то систематизировать «кирпичи» Вселенной...

Основой любой классификации является выбор признаков, по которым систематизируемые предметы или явления раскладываются по полочкам и объединяются в группы.

Некогда Д. И. Менделеев выбрал в качестве основного признака элементов их атомный вес. И этот удачный выбор стал залогом успеха. Потому что классификация — это не просто приведение в порядок, в систему разрозненных сведений и признаков. Правильная классификация сама может приводить к дальнейшим открытиям и потому является важным шагом на пути построения новой отрасли науки.

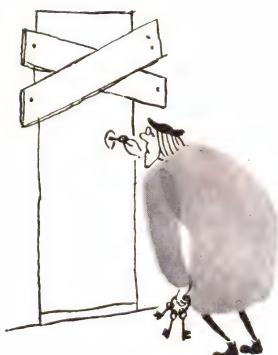
Первой основой для классификации элементарных частиц была принята тоже масса. Но сделано это было вовсе не по традиции. Давайте-ка подумаем, что такое масса с точки зрения элементарных частиц?

Классическая физика учила, что масса есть мера инертности. Но для микромира классические определения нуждаются в углублении. Так вот, для частиц масса определяется прежде всего теми взаимодействиями, в которых участвуют сами частицы. То есть здесь масса по своему существу является одной из главных характеристик, позволяющих разбить частицы по классам взаимодействий.

Расположив все известные частицы (все 12 штук) в порядке возрастания их масс, мы можем сразу выделить три или даже четыре группы, если учитывать фотон в отдельной категории сверхлегких частиц.

Итак: сверхлегкие частицы — единственный представитель фотон. Группа легких частиц, участников реакций со слабыми взаимодействиями — лептоны.

Следующая группа частиц-«средневесов» — мезоны, являющиеся переносчиками сильных взаимодействий.



Знание, мысль, воображение —  
три ключа ума.

В. Гюго

И третья весовая категория — «тяжеловесы», или барионы. В описываемое время к ним относились нуклоны: протон и нейтрон. Более тяжелых частиц известно не было.

Кроме массы, все указанные частицы можно было характеризовать такими квантовыми числами, как спин и электрический заряд, можно было характеризовать их еще временем жизни. По всем этим параметрам частицы легко ложились в таблицу.

### ТАБЛИЦА СТАБИЛЬНЫХ ЧАСТИЦ, ИЗВЕСТНЫХ К 1947 году

Название	Символ	Масса в МэВ	Спин	Электр. заряд	Время жизни в сек
Фотон	$\gamma^-$	0	1	0	Стабилен
Нейтрино	$\nu, \bar{\nu}$	0	1/2	0	Стабильно
Электрон	$e^-, e^+$	0,51	1/2	1	Стабилен
Мю-мезон	$\mu^-, \mu^+$	105,7	1/2	1	$2,2 \cdot 10^{-6}$
Пи-мезоны	$\pi^0$ $\pi^+, \pi^-$	135,0 139,6	0 0	0 1	$0,9 \cdot 10^{-16}$ $2,6 \cdot 10^{-8}$
Протон	$p$	938,3	1/2	1	Стабилен
Нейтрон	$n$	939,6	1/2	0	$0,9 \cdot 10^3$ (15 мин)

Хорошая получилась таблица, хорошая классификация. Задав массу, спин и заряд, можно было понять все реакции превращений, в которых участвовали электроны и фотоны, мю- и пи-мезоны, нуклоны...

Казалось, для физиков, занимающихся элементарными частицами, настали спокойные времена. Но так только казалось...

Помните, что говорил Резерфорд: «Чтобы узнать, что находится внутри пудинга, нужно сунуть в него палец».

Исследуя строение атома, великий физик использовал вместо пальца альфа-частицы, которые испускались естественно-радиоактивными веществами.

Чтобы исследовать строение ядра атома, мощности естественных радиоактивных «снарядов» не хватало. Надо было придумывать способы более активной бомбардировки этой «твёрдыни». Можно было использовать частицы космических лучей. Но их было мало и они так были перемешаны друг с другом, что проводить с ними эксперименты оказывалось крайне трудно. И тогда возникла идея искусственно разгонять частицы на специальных машинах-ускорителях до высоких кинетических энергий.

Помните законы физики: отрицательный электрод притягивает положительные заряды, положительно заря-

### МАШИНЫ ДЛЯ УСКОРЕНИЯ ЧАСТИЦ

женный электрод притягивает отрицательные заряды. Пролетая между электродами, частицы разгоняются. Чем больше разность потенциалов между электродами, тем быстрее летят между ними частицы, тем с большей энергией бомбардируют они поставленную на пути мишень.

Физики придумали множество способов получения как можно больших разностей потенциалов между электродами. Сначала они соединяли последовательно тысячи и тысячи гальванических элементов и получали гигантские батареи. Потом научились строить специальные динамо-машины на десятки тысяч вольт. Приспособили индукционные катушки и повысили получаемое от машин напряжение до сотен тысяч вольт. И все-таки этого было мало. Сконструировали импульсные генераторы. На доли секунды между шарами разрядников удавалось получить очень высокое напряжение...

Вы спросите, зачем такая гонка? Чтобы ответить, я напомню еще раз основные принципы исследования атомов с помощью ускорителей. Разогнанные в электрическом поле частицы набирают высокую энергию и бомбардируют неподвижные атомы мишени. При этом «атомные снаряды» могут упруго отскакивать от атомов мишени, оставляя цель неповрежденной. Могут происходить неупругие столкновения, в результате которых атомы мишени возбуждаются и сигнализируют об этом, испуская гамма-лучи. Третья возможность заключается в том, что сильная частица влетает в мишень и «застревает» в ней, выбивая другие частицы. Такое взаимодействие называется «сильным», в результате которого на мишени могут образовываться новые ядра.

Изучая рассеяние налетающих на неподвижные атомы частиц, изучая следы вылетевших осколков, ученые судят о внутренней структуре атомов и даже о структуре их ядер.

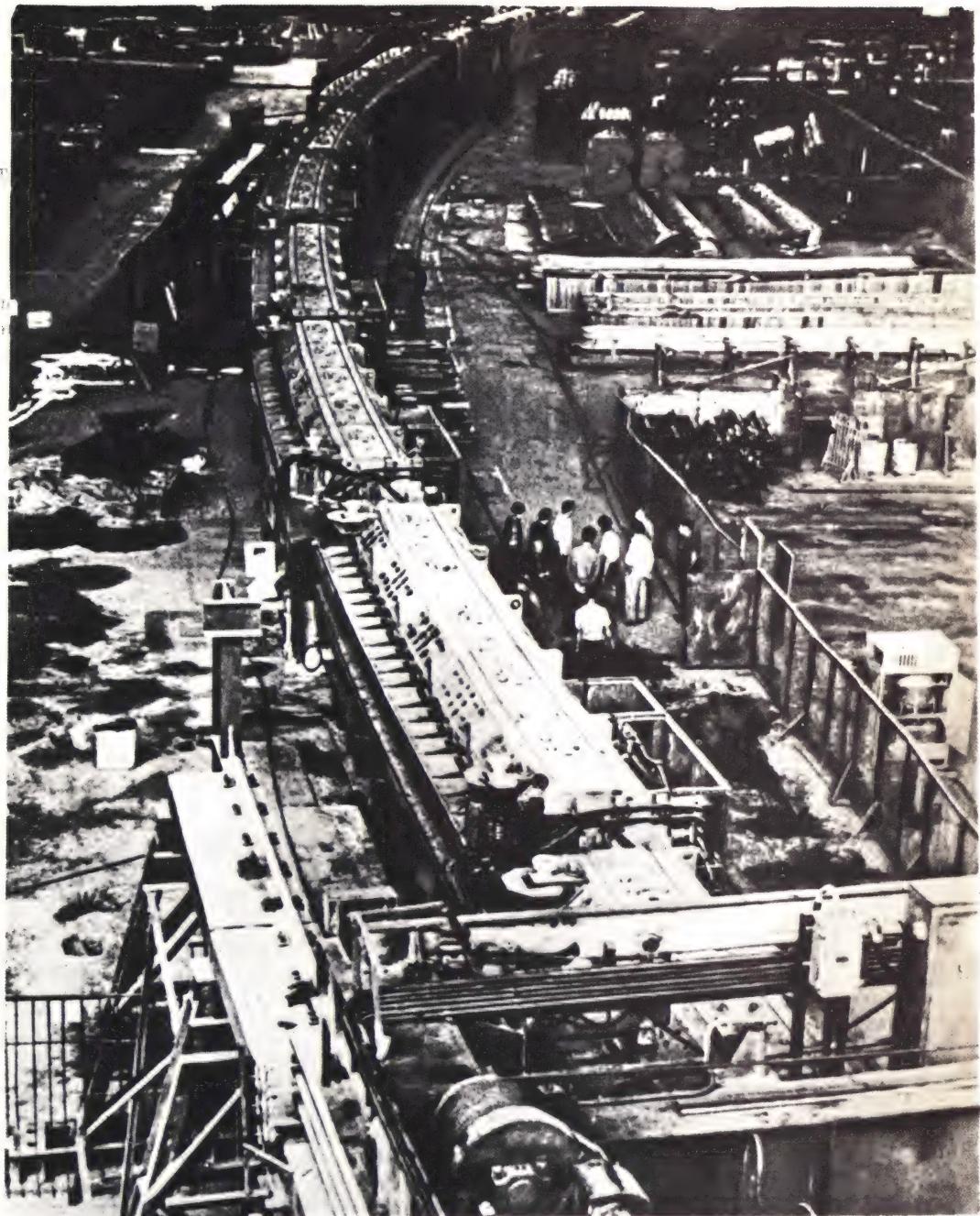
Теперь ответ на вопрос, с которого мы начали, — зачем физикам нужны все более и более мощные «атомные тараны» — ускорители? ..

Чтобы сформулировать ответ в общем виде, можно пояснить, что чем больше энергия у налетающих на мишень частиц, тем более прочные соединения внутри атома могут они разбивать, тем более тонкие детали его строения становятся известны ученым. С помощью частиц больших энергий можно вызывать более сложные ядерные превращения. Об этом я еще расскажу позже. Можно получать и новые виды элементарных частиц, то есть проникать в самые сокровенные тайны материи. Наверно, поэтому гигантские ускорители частиц часто называют «микроскопами микромира». Ведь проникновение в глубину материи и переход к изучению объектов все меньших и меньших размеров — это тенденция физики, пронизывающая всю ее историю. Вспомните: от изучения законов макромира физики последовательно переходили к изучению мира молекул — молекулярной



Наука есть лучший современный способ удовлетворения любопытства отдельных лиц за счет государства.

Акад. Л. А. Арцимович

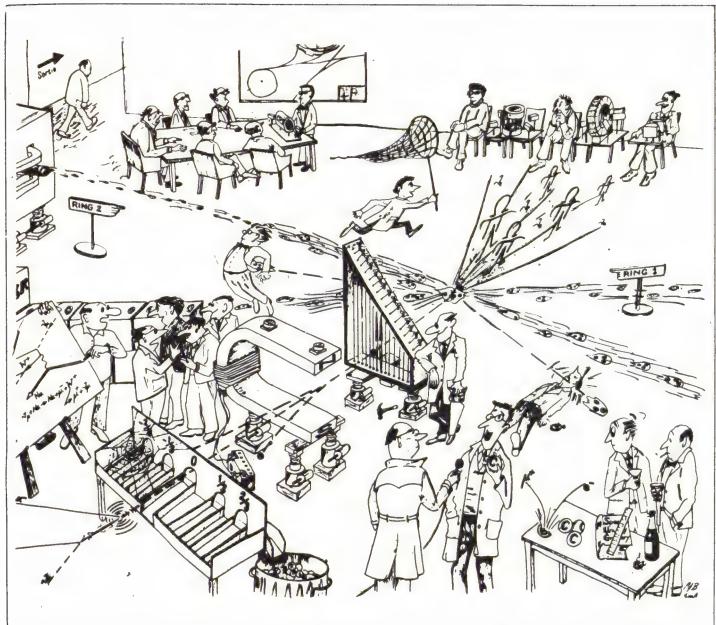


физике, затем к атомной физике, к ядерной физике. И наконец, сегодня передний край физической науки проходит через субъядерную физику, или физику элементарных частиц.

История развития атомных машин очень интересна. Но она лежит все-таки несколько в стороне от главной

Экспериментальный зал  
серпуховского ускорителя.

Новогодний шарж  
сотрудников ЦЕРНа,  
илюстрирующий работу  
института за 1976 год



темы нашей книжки. И потому я выбрал просто несколько исторических фотографий, каждая из которых соответствует определенному этапу развития этой техники. А подписи под рисунками дают общее представление о смелости и остроумии создателей этих машин.

#### ПРИМЕЧАНИЕ № 7,

которое следовало бы прочесть, чтобы не спотыкаться, знакомясь со следующими главами, ибо речь в нем идет об энергии частиц и о единицах ее измерения.

Основной единицей, получившей чрезвычайно широкое распространение в атомной и ядерной физике для измерения энергии частиц, является ЭЛЕКТРОНВОЛЬТ. Электронвольт — единица энергии внесистемная. В учебниках иногда пишут так: один электронвольт равен энергии, которую приобретает частица с зарядом электрона (или протона), проходя разность потенциалов в один вольт, — это правильно. Но электронвольт используют в качестве единицы энергии и тогда, когда частица вовсе не проходит разности потенциалов, а летит себе с какой-то определенной скоростью. Тогда и заряд ее интереса никакого не представляет. Например, разогнали мы с вами нейtron (частицу примерно такой же массы, что и у протона, но лишенную электрического заряда) до скорости  $1,38 \cdot 10^9$  см/сек — и пожалуйста, можете смело говорить, что его кинетическая энергия — миллион электронвольт.

Таким образом, электронвольт означает просто, что частица имеет определенную кинетическую энергию. А как она ее приобрела, это никого не касается.

Один электронвольт определяет собой очень незначительное количество энергии и как самая мелкая монета имеет хождение среди наиболее крупных тел микромира — молекул и атомов. В атомной же физике, особенно в физике ядра и элементарных частиц, пользуются значительно более крупными единицами. Они

будут нам довольно часто встречаться в книге, и потому, я думаю, их стоит назвать и привести кратко примеры, где они применяются и что собой оценивают...

После электронвольтов мы шагаем сразу же к единицам в миллион раз большим — мегаэлектронвольты.

$1 \text{ МэВ} = 1\ 000\ 000 \text{ эВ} = 10^6 \text{ эВ}$ . Много это или мало? И то и другое относительно. Например, энергия покоя электрона равна 0,511 МэВ. А энергия покоя протона — 938 МэВ. Средняя энергия связи нуклонов в ядре — порядка 8 МэВ. А кинетическая энергия частицы, которую выбрасывает естественно-радиоактивное вещество, может достигнуть десяти, а то и пятнадцати мегаэлектронвольт. Вот почему, обладая даже слабенькими естественными источниками альфа-частиц, Резерфорду, Ферми и Курчатову удавались их удивительные опыты по расщеплению атомных ядер. Но только некоторые опыты, касавшиеся некоторых ядер...

Следующая ступенька — единицы в тысячу раз (или на три порядка) больше мегаэлектронвольта. Называются они гигаэлектронвольтами.

$1 \text{ ГэВ} = 1000 \text{ МэВ} = 1\ 000\ 000\ 000 \text{ эВ} = 10^9 \text{ эВ}$ . Гигаэлектронвольты определяют собой физику элементарных частиц и сильных взаимодействий. Например, если ударить хорошо разогнанным, до энергии гигаэлектронвольт, протоном по другому протону, покоящемуся, можно получить разный эффект. При энергии разогнанных частиц как минимум 5,6 ГэВ в результате описанного столкновения рождается пара частиц: протон — антипротон. А при энергии тех же частиц порядка 45 ГэВ может родиться уже пара ядер: гелий — антигелий.

Еще в тысячу раз больше энергия, и мы поднимаемся на следующую ступень — тераэлектронвольт.

$1 \text{ ТэВ} = 1000 \text{ ГэВ} = 1\ 000\ 000\ 000\ 000 \text{ эВ} = 10^{12} \text{ эВ}$

Тераэлектронвольты — это энергии космического порядка. Максимальная энергия частиц в космических лучах представляется сегодня равной примерно  $10^{20} \text{ эВ}$ ... Можете сами перевести ее в другие единицы.

В 1929 году в Кембридже (Англия) в Кавендишской лаборатории физик Д. Д. Кокрофт и Е. Т. С. Уолтон построили электростатический умножитель напряжения. С его помощью они разогнали протоны до энергий в 300 000 электронвольт. Два года спустя, бомбардируя на нем литиевую мишень, исследователи добились искусственного расщепления этого элемента.

В 1929 году американец Р. Ван де Грааф сконструировал электростатический генератор. В нем изолированный ременный привод переносил положительные или отрицательные заряды от источника к металлическому шару-кондуктору, на котором этот заряд накапливался. С помощью накопленного напряжения на шаре-кондукторе диаметром в один — полтора метра удавалось разогнать частицы до энергий, примерно равных миллиону электронвольт.

Но уже для получения энергий в 3—4 миллиона электронвольт диаметр шаров-кондукторов увеличивался до десяти метров. Их нужно было поднимать на высоту трех-четырехэтажного дома над землей и укреплять на тщательно изолированных колоннах. Конструкции стали приобретать слишком громоздкий вид.

## СТУПЕНИ РАЗВИТИЯ АТОМНЫХ МАШИН



Один из первых генераторов Р. Ван де Граафа, построенный в 1936 году.



Более современная конструкция генератора Ван де Граафа на 5 Мэв.

В период с 1928 по 1933 год физики Браш, Ланж и Урбан (Швейцария) пытались получить напряжение в миллионы вольт, используя энергию молний. Для этого на горе Дженеросо, где атмосфера всегда насыщена электричеством, они подвесили на высоте около восьмидесяти метров над землей металлическую сеть, которая собирала из туч положительные заряды, поднимая свой потенциал до десяти миллионов вольт.

Очевидцы рассказывали, что это было страшное устройство, работа с которым требовала много мужества. После того как напряжение на сетке достигало максимума, наступал разряд. Воздушный промежуток с треском пробивала огненная дуга длиной более четырех метров. Длился разряд примерно сотую долю секунды, и сила тока при этом достигала десятков тысяч ампер!

В один из дней во время опасного эксперимента погиб от разряда молний, пойманной в сети, Курт Урбан. Вскоре после этого эксперименты на горе Дженеросо были прекращены.

В 1931 году физик Видероэ предложил новую конструкцию линейного ускорителя частиц, который и был построен Слоаном и Лоуренсом в США. Новая машина состояла из длинной тридцатиметровой трубы, из которой был выкачен воздух. Внутри друг за другом располагались цилиндрические электроды, на которые подавалось напряжение от высокочастотного генератора. Принцип действия машины был, грубо говоря, следующим: заряженная частица влетала в один конец трубы и получала в первом электроде некоторое ускорение. Пока она этот электрод пролетала, полярность напряжения менялась, и в промежутке между первым и вторым электродами частица уже отталкивалась первым и притягивалась вторым. Скорость ее еще увеличивалась.

То же самое происходило на протяжении длины всего ускорителя. Пролетая мимо тридцати ускоряющих электродов, к которым были приложены всего сорок две тысячи вольт переменного высокочастотного напряжения, пучок ионов ртутя набирал на выходе энергию порядка миллиона электронвольт.

Принцип линейного ускорения оказался настолько целесообразным, что подобные машины используются и в настоящее время, только сегодня они стали, конечно, намного мощнее.

В сентябре 1930 года на собрании Академии наук в Берлине А. Е. Эдлефсен и Э. О. Лоуренс высказали идею создания циклического ускорителя — циклотрона. А в 1932 году Лоуренс закончил отладку первой модели этой машины. Семь лет спустя Э. Лоуренсу за это изобретение была присуждена Нобелевская премия.

Циклотрон состоит из трех основных частей: электромагнита, генератора высокой частоты и вакуумной камеры с небольшим количеством какого-нибудь газа. В центре камеры раскаленная вольфрамовая нить испускает электроны, которые ускоряются расположенным под нею

электродом с напряжением порядка тысячи вольт. Эти электроны бомбардируют атомы газа, разбивают их на ионы (ионизируют газ). (Если в камеры добавлен водород, то его ионами становятся протоны.) Под действием магнитного поля они начинают кружиться в камере. Если теперь надеть на вакуумную камеру два электрода в виде половинок консервной банки и подвести к этим половинкам переменное напряжение высокой частоты, то ионы станут разгоняться. При этом траектории их из окружностей превратятся в спирали, и на последнем витке ионы можно вывести из циклотрона через специальное «окно» и направить в мишень.

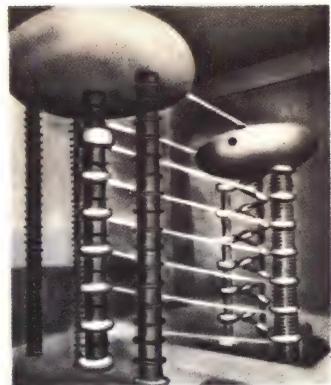
Принцип циклического ускорения сегодня, пожалуй, самый распространенный при постройке новых машин. У нас первая модель циклотрона была построена под руководством И. В. Курчатова в 1932 году в Ленинградском физико-техническом институте. Скромная машинка. Поляса ее магнита не превышали по диаметру и двадцати пяти сантиметров. А протоны в ней удавалось разгонять всего до одной трети миллиона электронвольт. Но это было славное начало. Советские физики понимали важную роль ускоряющих машин, и потому скоро в Радиевом институте был заложен циклотрон, который начал работать в 1937 году.

Позже академик И. К. Кикоин писал: «В течение очень короткого времени работы этой лаборатории, выполнявшиеся фактически под руководством И. В. Курчатова, вышли на уровень работ мировых лабораторий, имевших давнишний опыт».

Накопив опыт на строительстве и отладке циклотрона Радиевого института, группа Курчатова форсировала работы по проектированию самого большого в Европе циклотрона для Ленинградского физико-технического института. Заводы города Ленина во всем шли навстречу ученым. На «Электросиле» взялись изготовить электромагнит сверх плана. А это задача не простая. Сооружение должно было иметь диаметр полюсов 1,2 метра, а проектный вес — 75 тонн...

Вскоре были готовы высокочастотный генератор, кольцевая вакуумная камера, генератор питания ионного источника. Во дворе института в торжественной обстановке было заложено здание новой циклотронной лаборатории.

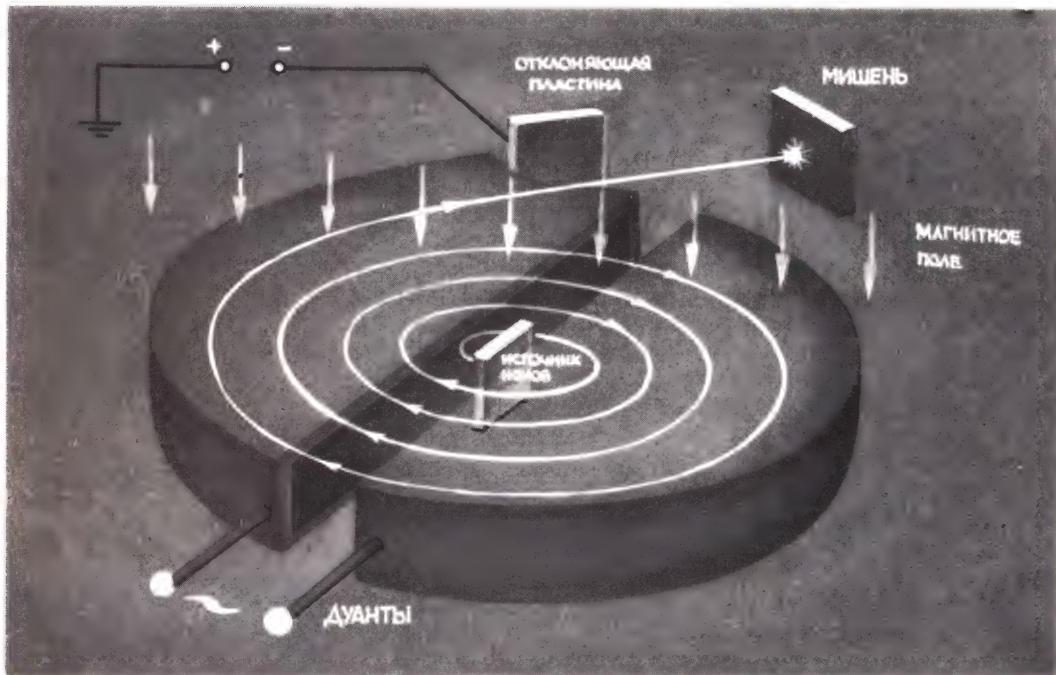
22 июня 1941 года в воскресном выпуске газеты «Правда» была помещена информация под заголовком: «Советский циклотрон». В ней говорилось: «В Лесном, на территории Физико-технического института Академии наук СССР недавно построено двухэтажное здание, похожее на планетарий... Внушительное впечатление производят круглый зал, построенный целиком из железа и стекла. Он покоятся на восьми массивных стальных колоннах. В ближайшее время здесь будет установлен 75-тонный электромагнит высотой около 4 метров. Диаметр его полюсов — 1200 миллиметров».



Каскадный генератор — «кеватрон», — построенный в Кавендишской лаборатории.

Пуск циклотрона намечался на 1 января 1942 года. А текст информации был набран всего за несколько часов до начала Великой Отечественной войны.

С тех пор прошло много лет. Циклотрон перестал быть новинкой. Советский академик В. И. Векслер и, независимо от него, профессор Макмиллан в США предложили новый принцип ускорения, позволивший



Принцип устройства циклотрона.

создать синхротроны и фазотроны. Скомбинировав из этих двух машин третью, физики построили синхрофазотрон.

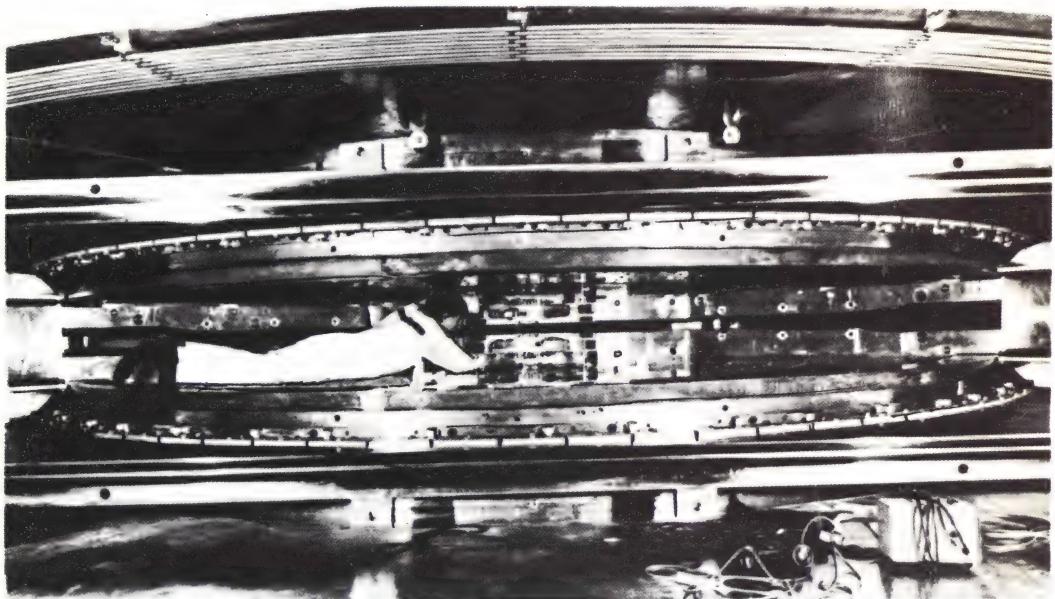
Самые мощные современные ускорители могут давать электроны (и гамма-лучи) с максимальной энергией 22 ГэВ, а протоны — с максимальной энергией порядка 500 ГэВ.

Сейчас я перечислю наиболее крупные атомные машины, построенные в мире за последние десятилетия, и вы будете в курсе современных технических новостей. Только прежде разобъем ускорители на два основных типа: линейные и циклические.

Электростатические линейные ускорители разгоняют заряженные частицы, проходящие вдоль длинной трубы с увеличивающейся разностью потенциалов. В циклических же ускорителях частицы совершают множество оборотов по замкнутым или спиральным орбитам, подстегиваемые на каждом обороте переменным электрическим полем.

Среди циклических ускорителей различают несколько типов в зависимости от метода фокусировки — обес-

печения устойчивости движения частиц по расчетным орбитам — и от метода управления расчетными орбитами. Если ускоритель имеет постоянное магнитное поле и частота ускоряющего электрического поля тоже постоянна, то его называют циклотроном. Если же магнитное поле остается постоянным, а частота переменного электрического поля меняется в процессе ускорения, то та-



кой ускоритель называется фазotronом (или синхроциклотроном). А ускорители с переменным во времени магнитным полем называются синхротронами. Эти типы атомных машин рассчитаны на получение наибольших энергий.

У каждого типа описанных машин есть свои достоинства и недостатки. Одним же из общих недостатков их является то, что сооружение таких ускорителей обходится очень дорого и потребляют они массу энергии.

За последние десятилетия были построены могучие линейные ускорители электронов. В 1959 году самой мощной машиной был ускоритель Орсе, построенный во Франции.

Это была огромная труба длиной в 360 метров. Электроны в конце ускорителя приобретали максимальную энергию в 2,1 ГэВ. Французский рекорд продержался недолго. В 1964 году в западногерманском городе Гамбурге заработал ускоритель электронов DESJ. Его трубу свернули в кольцо радиусом всего пятьдесят метров. Максимальная энергия электронов на выходе получалась равной 7,5 ГэВ.

В 1965 году вступил в строй харьковский линейный ускоритель на 1,8 ГэВ максимальной энергии. А в 1966 году американцы сдали в эксплуатацию самый

Так выглядит магнит совсем маленького 600-мэвнового синхроциклотрона в ЦЕРНе.

Так выводятся пучки из подземного туннеля ускорителя в экспериментальный зал. ЦЕРН, 1976 год.



длинный линейный ускоритель длиной в три километра. Построили его в Стенфорде. Максимальная энергия электронов этого монстра была порядка 22 ГэВ.

В 1967 году одновременно вступили в строй сразу несколько циклических ускорителей электронов: NINA в Дересбери (Англия) на 5 ГэВ, АРУС в Ереване (СССР) на 6 ГэВ и ускоритель Корнельского университета (США) на 12 ГэВ.



Наладчик проверяет первые магниты кольцевого суперпротонного синхротрона в ЦЕРНе. От входа в туннель до выхода ему предстоит прошагать еще шесть километров...

В Советском Союзе физики получили в подарок новый ускоритель протонов в Серпухове. Это была серьезная машина. Радиус ее кольцевой камеры — 236 метров, а максимальная энергия протонов на выходе — 76 ГэВ.

Пять лет спустя в Батавии (США) заработал гигантский протонный синхротрон на максимальную энергию в 500 ГэВ. Радиус этой машины — ровно километр.

С 1976 года в Женеве работает ускоритель такого же типа с энергией 400 ГэВ.

В последние годы все страны наперегонки строили машины для ускорения частиц — одну мощнее другой.

Но создание ускорителей — это не только технически сложная задача. Современная наука вышла на такие рубежи, когда даже сравнительно простой эксперимент требует чрезвычайно сложного и дорогостоящего оборудования. Прошло время, когда экспериментатор при помощи подручных материалов «полоски резины и собственной слюны» мог соорудить любой необходимый прибор. Сегодня сложность устройства и стоимость «экспериментального оборудования» конкурирует с по-



стройкой, например, крупной электростанции, а то и небольшого города со всеми отраслями коммунального хозяйства.

Понятно, что успешное решение таких задач под силу только очень высокоразвитым в научном и экономическом отношении государствам. Большинство ученых мира это хорошо понимают. Одна из возможностей сделать

Вид сверху  
на протонный ускоритель  
на встречных пучках.  
ЦЕРН, 1976 год.

Впервые идею постройки  
ускорителей на встречных  
пучках предложил советский  
физик академик Г. И. Будкер.



Г. И. Будкер на семинаре.

исследования фундаментальных проблем науки менее тяжким бременем для экономики стран заключается в международном объединении усилий. То, что трудно одному государству, то — значительно легче нескольким. Вместе строить, вместе и эксплуатировать сложное и дорогостоящее оборудование.

Такое международное сотрудничество уже приносит свои плоды. В Советском Союзе успешно работает Объединенный институт ядерных исследований (ОИЯИ) в Дубне. В Женеве работает Европейский центр ядерных исследований — ЦЕРН.

Ученые разных стран ведут в них совместные исследования, совместно ставят наиболее интересные и дорогостоящие эксперименты.

В последнее время специалисты обсуждают возможность сооружения ускорителя с энергией до 10 000 ГэВ (10 ТэВ). Это задача исключительно сложная как в техническом отношении, так и в экономическом. Ее совместное решение под силу только самим высокоразвитым странам. Построенная совместно могучими державами, новая мощная машина сможет открыть путь к принципиально новым процессам в микромире.

---

Векслер Владимир Иосифович (1907—1966) — советский физик, академик. В 1931 году окончил Московский энергетический институт. Работал во Всесоюзном электротехническом институте, в Физическом институте АН СССР.

С 1956 года В. И. Векслер работал в Объединенном институте ядерных проблем.

Всемирной известностью пользуются работы В. И. Векслера по теории ускорителей. Многие из них явились ключом к новому этапу развития ускорительной техники для получения частиц весьма высоких энергий. На новом принципе автофазировки частиц, предложенном В. И. Векслером, основаны такие типы ускорителей, как синхротрон, фазotron и другие типы атомных машин.

---



## ГЛАВА ДВЕНАДЦАТАЯ

До 1947 года Вселенная, по мнению физиков, состояла из электронов, нуклонов, фотонов, позитронов, трех сортов пионов — положительных, отрицательных и нейтральных и двух сортов мюонов — положительных и отрицательных. Теоретики настаивали, что должны быть еще антипротон, антинейtron, нейтринно и антинейтринно. Но экспериментаторам такая «дичь» еще не попадалась.

В конце сороковых годов исследователи космических лучей, физики называют их ласково «космиками», получили новые усовершенствованные методы и средства для своих экспериментов. Это были фотопластинки с толстыми слоями эмульсий, которые пачками взлетали в стратосферу на шарах-зондах и на ракетах, усовершенствованные камеры Вильсона, масс-спектрографы и изощренная методика изучения следов невидимок.

Никто из людей никогда не видел и никогда не увидит элементарных частиц воочию, потому что они слишком малы даже для электронного микроскопа. Одни лишь следы выдают их присутствие в мире. Так что, хочешь не хочешь, пришлось физикам стать настоящими следопытами. Представьте себе цепочку следов, идущую по свежевыпавшему снегу. Если вы человек внимательный и опытный, о многом может она рассказать. И о том, какой зверь оставил свои отпечатки: большой или маленький. О его размере и весе. О том, хищник это или мирное травоядное животное. О том, какая драма разыгралась здесь перед вашим приходом...

### НАШЕСТВИЕ СТРАННЫХ ЧАСТИЦ

По той же методике работают и физики — специалисты по охоте за частицами.

Первые удачи выпали на долю двух английских исследователей К. Батлера и Дж. Рочестера из Манчестерского университета в 1947 году. В камере Вильсона им удалось сфотографировать распад неизвестной частицы. При этом следа самой частицы видно не было. Это означало ее электрическую нейтральность. А вот следы двух осколков нарисовали на фотографии четкую вилочку латинской буквы «V». Так ее сначала и называли:  $V^\circ$ -частица.



Памир. На пике Ленина «космики» устанавливают оборудование для регистрации космических лучей.

По следам распада исследователи пришли к выводу, что оставили их в тумане камеры пион и мюон. А подсчет кинетической энергии дал массу  $V^\circ$ -частицы, примерно в тысячу раз превышающую массу электрона.

Конечно, для изучения всех свойств «новичка» одной фотографии было недостаточно. Нужны были еще и еще... Но попадалась  $V^\circ$ -частица чрезвычайно редко. Порой приходилось делать тысячи снимков, чтобы на одном из них разглядеть заветную вилочку следов. Попробуйте представить себе такую работу... И только когда общее количество фотографий перевалило за сотню тысяч, физики смогли отдать себе более или менее полный отчет о своем открытии. Оказалось, что открыли они не одну, а две нейтральных частицы. Обе давали следы распада в виде буквы «V», но если масса первой была в тысячу раз больше массы электрона, то масса второй превышала ее уже в две тысячи двести раз. Это было удивительно. До сих пор самой тяжелой частицей был нейтрон и предполагалось, что тяжелее жители микромира быть не могут. Но раз удивительно, значит, интересно!

С введением в строй новых ускорителей к опытам англичан примкнули исследователи из других лабораторий. Охота за частицами стала носить характер массовой охоты. И не зря существует поговорка, что, кто ищет, тот всегда находит. В поисках на фотографиях заветных сле-

дов-вишечек распада экспериментаторы то и дело натыкались на неизвестные в науке треки частиц. Сообщения об открытиях сыпались как из рога изобилия.

По мере накопления экспериментальных данных исследователи уточняли характеристики пришельцев, исправляли массы, времена жизни, определяли спины. При этом некоторые частицы сливались в одну. В конце концов всех новичков удалось разделить на две группы. В первую вошли частицы с массой, примерно в тысячу раз превышающей массу электрона, и со спином, равным нулю, их называли К-мезонами, или каонами. Во вторую группу вошли более тяжелые частицы со спином, равным  $1/2$ . Тут оказались ламбда-гиперон, два сигма-гиперона и один «каскадный» кси-гиперон. Но на этом работа с ними, разумеется, еще далеко не закончилась.

Физики столкнулись с целым рядом настоящих головоломок. Одной из первых явилось то обстоятельство, что в столкновениях пи-мезонов с нуклонами наблюдалось только парное рождение новых частиц. Кроме того, родившись в результате сильных взаимодействий, каоны и гипероны должны были очень быстро распадаться. А они упрямо жили в миллионы миллионов раз дольше. Это было совершенно непонятно.

Ведь почему, например, электрон является стабильной частицей и существует вечно? Потому что существует закон сохранения заряда. Электрону больше не на что распадаться. Более легких заряженных частиц просто не существует...

Почему бессмертен протон? Протон относится к барионам. Это общее название, объединяющее две группы частиц: нуклонов и гиперонов. Экспериментаторы давно заметили, что во всех реакциях распада бариона в продуктах распада обязательно должен быть другой барион. Заметили, что при рождении антибариона он появляется на свет только в паре с барионом.

Значит, была у этих частиц какая-то характеристика, обеспечивающая их сохранение. Эту характеристику, это квантовое число называли барионным зарядом. И предположили, что если считать его для барионов равным единице, а для антибарионов — минус единице, то можно ввести в физику элементарных частиц еще один закон — закон сохранения барионного заряда. Он и будет определять собой сохранение числа барионов при реакциях.

Это очень важный закон. Без него не было бы вообще ничего вокруг нас. Потому что все протоны и нейтроны тут же распались бы на позитроны, гамма-кванты и нейтрино. Мир вещества перестал бы существовать.

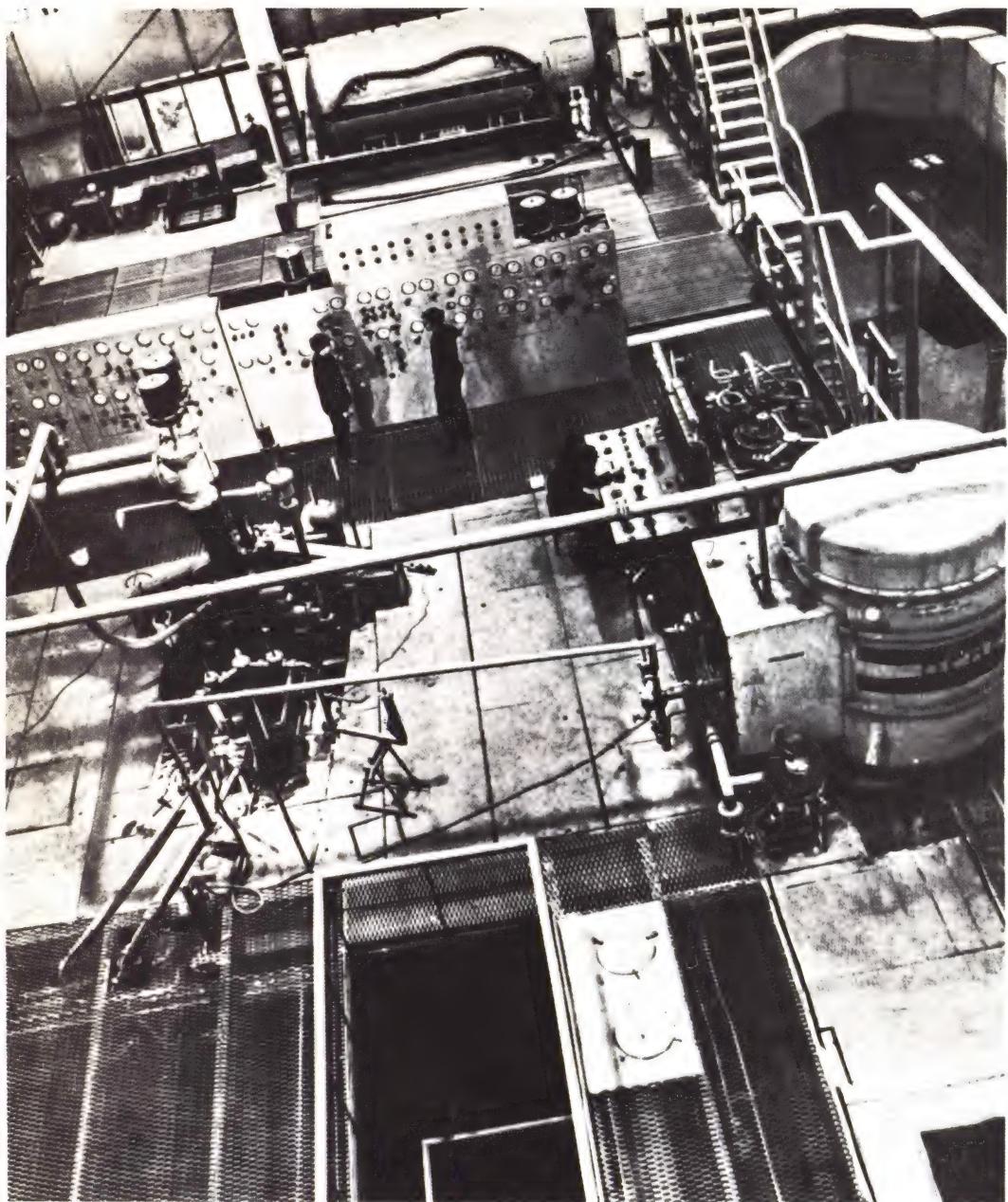
Закон сохранения барионного заряда обеспечивает «вечную жизнь» протону!

Среди «долгожителей» микромира считаются пи- и мю-мезоны. Это тоже было понятно, потому что они распадались на другие частицы за счет только слабых взаимодействий, с малой вероятностью, редко. Отсюда и их долгая жизнь.



Что носится в воздухе и чего требует время, то может возникнуть одновременно в ста головах без всякого взаимствования.

И. В. Гете



Пузырьковая камера «Людмила» в Серпухове. В ней наблюдают следы гостей из микромира.

Но почему «долгожителем», к примеру, оказывался ламбда-гиперон? Легко рождаясь, в результате сильного взаимодействия ламбда-частица распадалась на протон и пион или на нейтрон и пион — частицы, участвующие также в сильных взаимодействиях. Значит, должна была распасться быстро. А она жила...

И вот тогда, независимо друг от друга, два очень молодых физика-теоретика Мюррей Гелл-Манн в

США и Казихико Нишиджима в Японии подумали, а почему бы не предположить, что существует еще какая-то физическая характеристика, которая должна в этих реакциях оставаться постоянной? Другими словами, почему бы не предположить существование еще одного закона сохранения, оберегающего эти странные частицы?

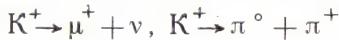
Новую характеристику, новое квантовое число тут же ввели, назвав его «странность». Ввели и закон сохранения странности, справедливый для реакций с сильным и электромагнитным взаимодействием и несправедливый для реакций со слабыми взаимодействиями.

Вы, пожалуй, спросите, а как странность помогает объяснить возникшие головоломки? Во-первых, парное рождение, во-вторых, «долгожительство» новых частиц? Тут начинается цепь теоретических рассуждений, догадок и доказательств.

Прежде всего следовало считать, что, родиввшись в результате сильного взаимодействия, странные частицы жили долго, потому что распадались в результате какого-то слабого процесса. Эту идею предложил физик Пайс. Оставалось объяснить почему. И вот где помог новый закон сохранения странности. Напомню: в реакциях с сильным и электромагнитным взаимодействием полная странность частиц, вступивших во взаимодействие, должна равняться полной странности получившихся продуктов. В слабых взаимодействиях странность не сохраняется.

А теперь подумайте сами, может ли при столкновении обычных частиц с нулевой странностью родиться одна странная частица?.. Конечно, нет! Нарушится закон сохранения странности. А вот появиться в результате той же реакции паре частиц со странностями разного знака — это пожалуйста. Хотите пример? Вот реакция, происходящая в результате сильного взаимодействия, которую наблюдали множество раз при достаточно больших энергиях:  $\pi^- + p \rightarrow K^0 + \lambda$ . Столкнулись быстро летящие пион с протоном — и образовались каон и ламбда-гиперон. У каона странность +1, у ламбда-гиперона —1. В сумме — ноль. Как раз то, что нужно, потому что пион с протоном, естественно, имеют нулевую странность, поскольку к странным частицам не относятся.

В числе головоломок, которые принесли с собой странные частицы, была такая, которая вызывала особенное смущение в мире физиков. Наблюдая распады каонов, чаще всего регистрировались реакции, в которых исходный К-мезон распадался на две частицы. Скажем, на мюон и нейтрино или, что случалось реже, на два пиона...



**ЗАГАДКА  
«ТАУ — ТЕТА»;  
ИЛИ НЕ ЯВЛЯЕТСЯ ЛИ  
ГОСПОДЬ БОГ  
ЛЕВШОЙ?**



Зеркальная симметрия.

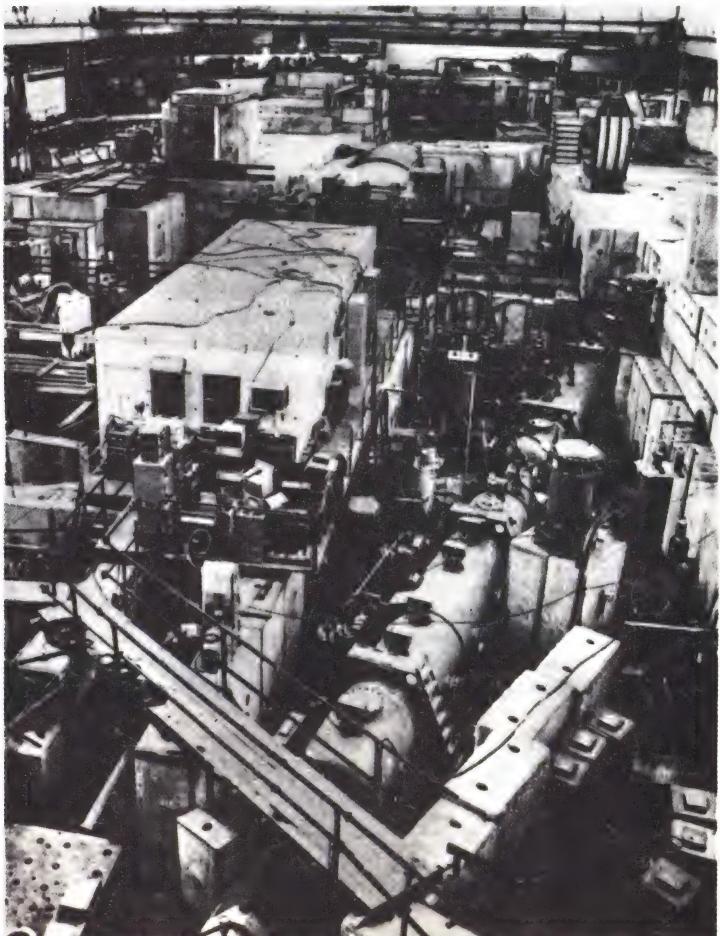
Но иногда, еще реже, фотографии показывали распад тех же каонов на три частицы:

$$K^+ \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \pi^+ + \pi^+ + \pi^- \\ \pi^+ + \pi^0 + \pi^0 \end{array} \right. \text{ и } K^+ \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \pi^0 + \mu^+ + \nu \\ \pi^0 + e^+ + \nu \end{array} \right.$$

Это уже было совсем неприятно. Частица, распадающаяся на два пиона, по закону сохранения четности, не имела права распадаться на три.

Первой мыслью было, конечно, предположение, что имеется не одна и та же, а две разных частицы. Их так и называли — одну «тау», а другую «тета». Но время шло, а эксперименты упорно твердили, что по всем вроде бы известным характеристикам тау- и тета-частицы идентичны. Их массы, времена жизни и спины были одинаковы.

Здесь, пожалуй, нам придется задержаться, чтобы поговорить о четности. В квантовой механике четностью называют такую характеристику микросистемы (в том числе и элементарной частицы), которая отражает свой-



Бетонные джунгли — так называют сами физики восточный экспериментальный зал протонного синхротрона в ЦЕРНе.

ства симметрии этой системы относительно зеркальных отражений.

В мире частиц каждой из них соответствует некоторая математическая функция, определяющая положение частицы в пространстве. При этом если перемена знаков у трех пространственных координат этой функции (что эквивалентно зеркальному отражению системы) изменяет знак самой функции, то говорят, что четность отрицательная. А если при перемене всех знаков на обратные функция остается прежней, как ни в чем не бывало, то ее четность положительна.

Так вот при распаде тета-мезона на два пиона четность оставалась положительной. А при тау-распаде она оказывалась отрицательной.

До сих пор, до возникновения «тета-тау загадки», закон сохранения четности, означающий, что в природе левое равно правому, действовал безотказно. И вдруг...

Летом 1956 года два молодых физика Колумбийского университета Ли Чжен-дао и Янг Жень-пин высказали предположение, что четность сохраняется при сильных и электромагнитных взаимодействиях и не сохраняется при слабых взаимодействиях. Это означало, что среди частиц, участвующих в слабых взаимодействиях, нет симметрии и левое отличается от правого.

Утверждение молодых физиков породило массу споров. Паули писал одному из своих друзей: «Я не верю, чтобы бог был «слабым левшой», и готов держать пари на большую сумму, что опыт даст симметричные результаты». Но были среди ученых и другие мнения. Все должен был решить опыт.

Ли и Янг были теоретиками. И потому они предложили только идею решающего эксперимента.

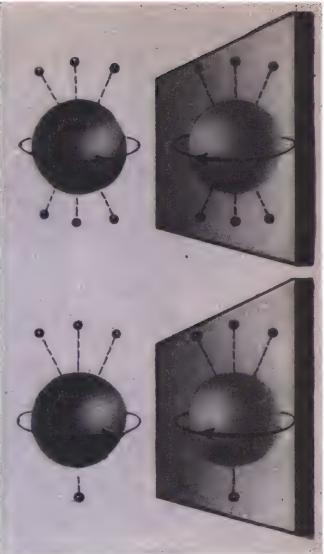
Представьте себе, что у вас перед зеркалом вращается, как волчок, ядро атома. Вращается и при этом выбрасывает из себя частицы то вверх, то вниз, равновероятно. Могли бы вы отличить реальный процесс от его зеркального изображения? ..

Пожалуй, нет. Посмотрите на рисунок: обе фигуры абсолютно одинаковы и в натуре, и в зеркале. Никакого нарушения симметрии.

Значит, если излучаемые частицы летят в оба направления одинаково, это должно свидетельствовать о сохранении четности.

А теперь представьте, что наше ядро испускает частицы преимущественно в одном направлении. В этом случае изображение в зеркале вы можете сразу отличить от реального события. Изменится направление вращения по отношению к вылетающей частице. То есть «правый винт» перейдет в «левый». И, если у вылетающих частиц существует какое-то преимущественное направление полета, это станет свидетельством нарушения четности.

После нескольких месяцев подготовки эксперимент был поставлен профессором того же университета мадам Ву Цзянь-сюн с группой физиков-экспериментаторов.



Ядро атома перед зеркалом.

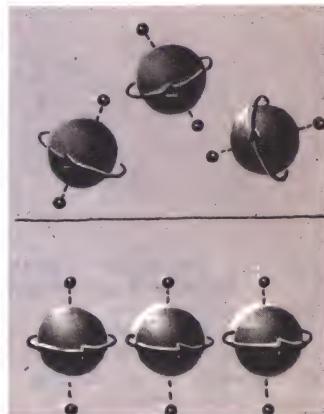


Схема опыта Ву.

ров. Она взяла образец радиоактивного кобальта-60, излучающего электроны и нейтрино и превращающегося при этом в никель-60:  $\text{Co}^{60} \rightarrow \text{Ni}^{60} + e^- + \nu$ . Поместила его в криогенную установку, чтобы охладить почти до абсолютного нуля и тем самым избавиться от мешающего теплового движения молекул. Затем наложила на образец сильное магнитное поле. Тотчас же ядра атомов кобальта-60 приняли одно направление. Теперь оставалось только зафиксировать, куда летит большинство электронов: вверх и вниз одинаково или в какую-нибудь одну сторону преимущественно. От этого зависел ответ о сохранении или несохранении четности.

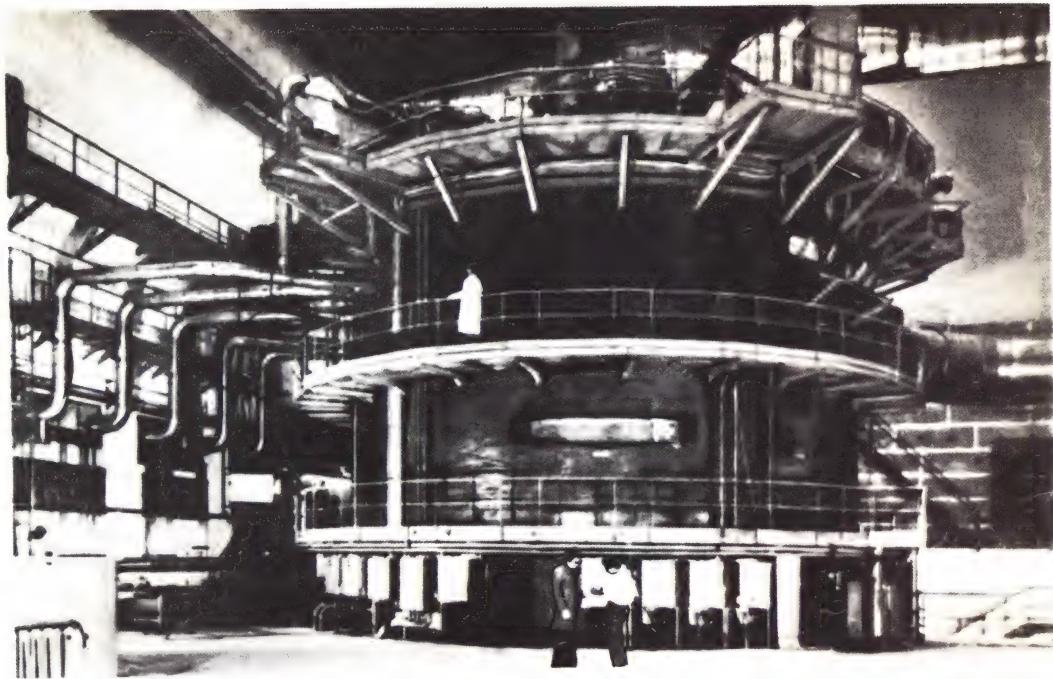
Опыт показал несимметричный результат! Паули и другие физики, уверенные в сохранении четности при слабых взаимодействиях, проиграли. «... Начинаю приходить в себя после первого удара, — писал Паули в своем следующем письме. — Это был удар не столько потому, что господь предпочитает левую руку, а потому, что он, если нажать посильнее, соединяет левое и правое симметрично».

Это был не только удар, но и серьезный урок, показавший, что законы сохранения, которых к тому времени было уже открыто предостаточно для микромира, не все оказывались универсальными. И то, что было справедливо для сильных взаимодействий, могло нарушаться при слабых взаимодействиях.

Год спустя, в 1957-м, Ли и Янг получили Нобелев-



Вручение Нобелевской премии  
Л. Д. Ландау — крупнейшему  
физику-теоретику —  
10 декабря 1962 года.  
На снимке посол Швеции  
Р. Сульман, Л. Д. Ландау  
и его жена, а также  
президент  
Академии наук СССР  
М. В. Келдыш.



скую премию за то, что придумали, как заставить природу ответить на вопрос: всегда ли у нее левое равноправно с правым?

Между прочим, после опытов мадам Ву ученые вспомнили, что еще в 1929 году замечательный немецкий математик Герман Вейль, разрабатывая математическую теорию симметрии, тоже высказал предположение, что вращающаяся частица может обладать левой или правой спиральностью.

Вейль не был физиком. Он только построил изящную математическую теорию, не претендую на большее. Но его теория требовала признания асимметрии в природе, что противоречило существовавшим взглядам, и потому никто в ту пору не обратил внимания на это предсказание.

Всего двух лет не дожил Вейль до того дня, когда его «абстрактная математическая теория» превратилась в «пророческое предсказание». Увы, так часто бывает в науке. С одной стороны, это подтверждает старую истину, что «новое — это хорошо забытое старое». С другой — что жизнь человеческая коротка, но каждый может ее продлить своими деяниями.

Несохранение четности при слабых взаимодействиях повлекло за собой множество труднейших проблем. То, что законы движения частиц являются несимметричными, это представить себе было можно. А вот как представить себе вообще асимметрию пространства? Как понять, что оно — пустое пространство, вакуум — несимметрично относительно левого и правого? ..

Большая водородная пузырьковая камера БЕБС, установленная в ЦЕРНе и предназначенная для экспериментов с нейтринными пучками.

Два директора:  
профессор Енчке — директор  
Европейского Центра Ядерных  
Исследований (ЦЕРНа)  
и член-корреспондент  
АН СССР В. П. Джелепов —  
директор лаборатории  
ядерных проблем  
Объединенного Института  
Ядерных Исследований —  
Дубна.



Интересное решение этого вопроса почти одновременно дали несколько физиков-теоретиков в разных странах. У нас это сделал Лев Давидович Ландау (1908—1968). По идее Ландау пространство было симметричным. А несимметричны оказывались частицы. С электроном был связан «левый винт» — левовинтовое движение, а с позитроном — «правый винт»... При этом возникла необходимость предположить существование антиподов и у нейтральных частиц, например, у нейтрино. Антинейтрино во всем должно было быть похоже на свое нейтрино, но закручиваться обязано было вдоль своей траектории в обратную сторону...

Много любопытных допущений потребовало признание несохранения четности от физиков. Оно продемонстрировало еще раз то обстоятельство, что с законами и установленными принципами в науке следует обращаться очень осторожно. Стоит что-нибудь потревожить, как возникает лавина, способная нанести непоправимые изменения в установившемся мировоззрении. Так было с появлением квантовой механики и новой теории атома. К похожему периоду приближает нас и современная физика элементарных частиц.

### ПРИМЕЧАНИЕ № 8,

в котором читатель встретится еще с одной попыткой классификации элементарных частиц

Как только на горизонте физики «взошли» странные частицы, исследователи сразу же ощутили недостатки имеющейся классификации и необходимость новой систематизации.

Наша первая классификация элементарных частиц была основана на массе. Входило в нее квантовое число — спин, входил в нее электрический заряд. Совокупность всех этих характеристик позволяла специалистам разобраться в реакциях взаимодействия известных частиц и разделить их на две большие группы. К первой отнесли участвующие в слабых взаимодействиях лептоны — фотон,

электрон, нейтрино и мюоны. А ко второй группе сильно взаимодействующих частиц (адронов, как их позже называли с легкой руки советского физика Окуни) отнесли открытые экспериментаторами «К»- и «Пиз-мезоны, а также все известные в пятидесятых годах барионы; два нуклона — протон и нейтрон, один ламбда-гиперон, два гиперона-сигма и один каскадный гиперон-кси.

При этом К-мезоны и все гипероны представляли собой странные частицы. Странность-то их и требовала нового подхода и классификации. Нужно было во что бы то ни стало сначала найти что-то общее для всех адронов, а потом попытаться разбить их на какие-то группы... Опыт такой уже был известен. Еще в 1932 году, размышляя над схожестью протона и нейтрона, Гейзенберг предложил объединить их в одно семейство — зарядовый мультиплет. Массы у них были почти одинаковы, спины — равны. Заряды, правда, были разными. Но зато обе частицы участвовали в сильных взаимодействиях. А если предположить, что масса частиц создается, в основном, именно сильным взаимодействием, то можно предположить, что оно не зависит от зарядов... Родилась весьма плодотворная идея о зарядовой независимости ядерных сил, подтвержденная позже многочисленными опытами.

Так с той поры и считалось, что зарядовый мультиплет нуклонов состоит из дублета — протона и нейтрона.

Когда же частиц прибавилось, физики поневоле задумались: а нельзя ли по опыту Гейзенберга объединить в зарядовые мультиплеты и другие известные частицы. Попробовали. И знаете, получилось на первых порах неплохо. Посмотрите на таблицу:

Название частицы	Символ	Название зарядового мультиплета	Заряд и масса в МэВ		
			+1	0	-1
Пи-мезоны	$\pi^+, \pi^0, \pi^-$	триплет	139, 6	135, 0	139, 6
К-мезоны	$K^+, K^0, K^-$	триплет?	493, 7	497, 7	493, 7
Нуклоны	$p, n$	дублет	938, 3	939, 5	
Гиперон-ламбда	$\Lambda$	синглет		1115, 6	
Гипероны-сигма	$\Sigma^+, \Sigma^-$	дублет?	1189, 4		1197, 3
Гиперон-кси	$\Xi^-$	синглет?			1321, 3

Общей характеристикой объединенных в зарядовые мультиплеты частиц явилась величина, названная гиперзарядом. Это просто средний электрический заряд мультиплета, умноженный, чтобы избежать дробных значений, на два. Гелл-Манн и Нишиджима связали гиперзаряд со странностью и барионным зарядом простой зависимостью. А поскольку барионный заряд сохранялся во всех взаимодействиях, то сохранение странности было эквивалентно сохранению гиперзаряда. А эта величина, по предположению молодых теоретиков, сохранялась при сильных взаимодействиях и не сохранялась при слабых...

Введение новой характеристики потребовало тут же пересмотреть имеющихся мультиплетов. Прежде всего неприятности коснулись триплета каонов. Казалось, реализованы были все зарядовые возможности: экспериментаторы «поймали» положительный, нейтральный и отрицательный каоны. Что придумать еще?.. Но каоны — странные частицы. Они рождались при сильном взаимодействии, а распадались при слабом. А это означало, что при рождении у них гиперзаряд должен был сохраняться, а при распаде — нет!.. Но этого на опыте не наблюдалось... Что же делать?..

И тогда Гелл-Манн и Нишиджима предложили дополнить семейство каонов до четырех штук за счет другого нейтрального К-мезона, отличного от первого. Тогда физики получат два каонных дублета, и зарядовый мультиплет будет полностью сформирован.

Надо сказать сразу, что мало кто отнесся к предложению с энтузиазмом. Особенно удручены были экспериментаторы. На

самом деле, попробуйте отличить друг от друга две нейтральных, лишенных электрического заряда, частицы, обладающих одинаковой массой... Тут было над чем подумать.

Но в конце концов, конечно, все утряслось. Теоретики отыскали реакции, в которых законы сохранения разрешали участвовать одной нейтральной частице и запрещали принимать участие другой. Экспериментаторы поставили соответствующие опыты. И в 1956 году второй нейтральный каон был найден. Он оказался куда более долго живущим. По сравнению с первым он жил примерно в 580 раз дольше.

После каонов наступила очередь гиперонов-сигма. Вы, наверное, заметили из таблицы, что заряды двух известных гиперонов отличались на целых две единицы. Но, по правилам, в зарядовом мультиплете заряды частиц могли отличаться только на единицу. Значит, где-то должен был существовать третий гиперон-сигма с нулевым зарядом.

Должен, если классификация по зарядовым мультиплетам правильна, если верен принцип, положенный в ее основу...

Надо думать, что сторонники новой классификации немало поволновались, пока экспериментаторы гоняли свои ускорители в поисках нейтрального гиперона-сигма. И что вы думаете? Они его нашли! Нашли голубчика и возрадовались. И это понятно, потому что находка подтверждала, что физики на правильном пути. Ведь что такое закон, что такая правильная классификация, построенная на основании правильных законов? Это значит вовсе не то, что они могут объяснить более или менее правдоподобно непонятные явления. Объяснений можно придумать миллион! А вот предсказать новые открытия можно только тогда, когда правильно, действительно правильно понимаешь наблюдаемые явления, когда понял их суть и вывел закономерность...

С каскадным гипероном-кси положение было еще хуже. Экспериментаторы обнаружили только одну частицу — Кси минус гиперон. А сколько их должно быть?

Даже самые тщательные поиски результатов не давали. Может быть, гиперон-кси — тоже одиночка, вроде гиперона-ламбда? Но теоретики упорствовали. Странность сохранялась только в том случае, если предположить, что где-то есть ему пара...

Лишь в 1960 году на мощном синхротроне был зарегистрирован распад нейтрального каскадного гиперона-кси  $\Xi^0$  с массой 1311 МэВ.

Теперь уже смело можно было говорить, что новая классификация странных частиц, предложенная Гелл-Манном и Нишиджимой, оказалась правильной.

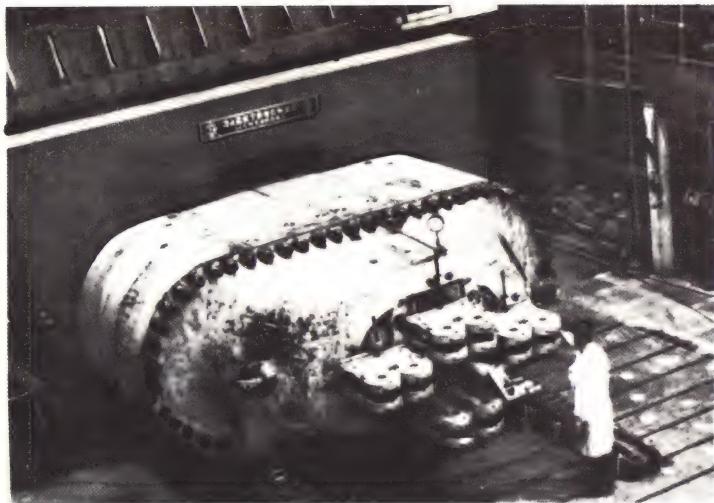
Прошло несколько лет и все мультиплеты барионов как для частиц, так и для античастиц были найдены.

## О ТОМ, КАК ФИЗИКИ ОТКРЫЛИ ЧАСТИЦЫ-РЕЗОНАНСЫ И ЗАДУМАЛИСЬ НАД ВОПРОСОМ, ЭЛЕМЕНТАРНЫ ЛИ ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ЧАСТИЦЫ!

В 1947 году в арсенале физиков четырнадцать частиц. Дальнейшие поиски шли все с большим и большим трудом, потому что главными источниками частиц высоких энергий все еще являлись космические лучи. Пока даже самые мощные ускорители разгоняли протоны лишь до энергий в 200 МэВ. Мало!

Но уже заложены и строятся новые, более мощные атомные машины. И постепенно центр тяжести исследования частиц перемещается от исследований в космических лучах к исследованиям на ускорителях.

Кроме того, изобретена пузырьковая камера — более новый и более совершенный прибор для изучения следов распада частиц, чем заслуженная камера Вильсона.



Так выглядит тяжеловодородная пузырьковая камера «Скат» для нейтринных экспериментов в Серпухове.

И следующий период, с 1947 года по 1955 год, дал физикам шестнадцать абсолютно новых, никем не предсказанных, удивительных частиц.

В середине пятидесятых годов, после принятия классификации по мультиплетам, предложенной Гелл-Манном и Нишиджимой, теоретики вроде бы поуспокоились. Возникло даже какое-то благодушное мнение, что новая классификация показывает близкое завершение множества элементарных частиц. И вдруг, когда этакое благодушие стало всеобщим, началось новое нашествие из микромира новых до сих пор невиданных пришельцев.

Если пятидесятые годы считались годами странных частиц, то шестидесятые по праву получили название «эпохи резонансов». Вот тогда-то и возник едва ли не впервые сакральный вопрос, так ли элементарны элементарные частицы, как мы то себе представляем?..

Сложившаяся ситуация стоит того, чтобы о ней рассказать в более или менее хронологическом порядке.

В 1952 году, изучая взаимодействие пионов с нуклонами на чикагском ускорителе низких энергий, Ферми и Андерсон столкнулись с любопытным явлением. Они обнаружили, что если увеличивать постепенно энергию пионов, налетающих на водородную мишень, то, начиная с некоторого значения этой энергии, вероятность рассеяния частиц вдруг резко возрастает. Потом она так же резко падает.

На графике зависимости вероятности рассеяния от энергии получался пик, очень похожий на хорошо известную всем резонансную кривую.

Явление было любопытным, непонятным и объяснения не находило. Может быть, обратиться к более привычной аналогии? Ну хотя бы к резонансному рассеянию света атомами... Этот механизм был физикам хорошо известен. Когда быстрый фотон удачно влетал в атом, то он переводил его систему в возбужденное состояние.



График резонансов.

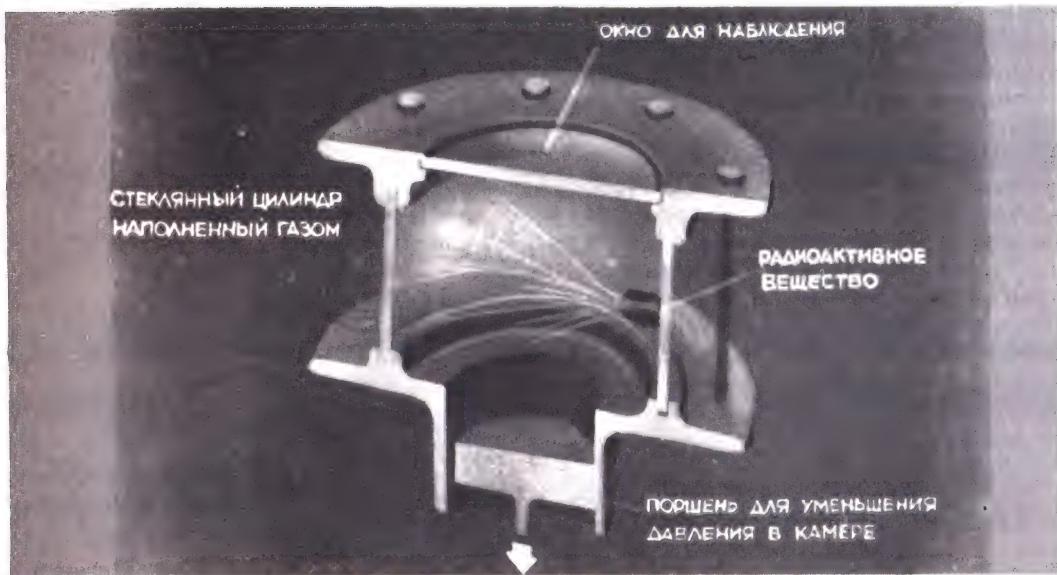
Долго в таком состоянии атом продержаться не мог. Он излучал лишнюю энергию также в виде фотона и возвращался к устойчивому положению.

Среди физиков распространялось мнение, что и другие частицы можно перевести в возбужденные состояния. Тогда, к примеру, резонансы можно рассматривать просто как возбужденные нуклоны.

Представляете себе всю заманчивость этой идеи?.. Положить в основу мира две, три, ну пусть пять, не жалко, основных частиц, окруженных мезонными облаками. А все остальные считать их возбужденными состояниями. Поистине древняя как мир мечта свести все многообразие окружающего мира (в нашем случае микромира) к немногим первоначалам обладает удивительной притягательностью для ученых.

Тем временем подоспели более мощные ускорители. И на них удавалось получать кривые не с одним резонансным пиком, а с несколькими. Проблема больше не терпела отлагательства. Нужно было срочно решать, что эти резонансы собой представляют: возбужденные состояния или самостоятельные, хотя и нестабильные частицы?..

Особенно богатой «жатва резонансов» была в Калифорнийском университете, где работала группа исследователей под руководством Луиса Альвареца. Вот, например, как расшифровывали по следам одной из таких реакций. Энергичный К-мезон, столкнувшись в пузырько-



Принципиальное устройство камеры Вильсона.

вой камере с протоном, образовывал пион и резонансный барион-сигма со звездочкой. Резонансная частица быстро распадалась на гиперон-ламбда и пион.

С одной стороны резонанс вел себя как возбужденное состояние сложной системы из старых знакомых —

ламбда-гиперона и пиона. Но с другой — за короткое время своего существования резонанс имел все свойства суверенной, самостоятельной частицы...

Пожалуй, именно после таких открытий, физики согласились все же считать резонансы равноправными жителями микромира. Голубая мечта свести разнообразие к малому количеству первоначал — не осуществилась.

Более того, с ростом энергии частиц, разгоняемых во все более мощных ускорителях, количество частиц-резонансов неудержимо растет. И среди физиков зреет опасение, что этот процесс может и не остановиться...

С появлением резонансов рухнуло окончательно представление о частицах, как о «простых однородных шариках с размазанным по всему объему зарядом». «Само понятие элементарности потеряло свой первоначальный смысл... — с грустью констатировал Игорь Евгеньевич Тамм. — Сегодня мы вообще не можем отличить истинно элементарные частицы от составных».

В своей книге «Лекция по атомной физике» Энрико Ферми задает вопрос: «Что означает элементарная частица?» И отвечает так: «Автор в затруднении ответить на этот вопрос. Термин «элементарная» скорее относится к уровню наших знаний... Можно сказать, что на каждом этапе развития науки мы называем элементарными те частицы, строение которых мы не знаем и которые рассматриваем как точечные».

В конце шестидесятых годов физики задумали дерзкий эксперимент. Помните, как в начале века Эрнест Резерфорд вместе с учениками наблюдал рассеяние альфа-частиц на атомах тонкой золотой фольги? Только убедившись, что некоторые частицы отскакивают, словно натолкнулись на непреодолимую преграду, тогда как большинство свободно пролетает сквозь тоненький листочек золота, он пришел к определенному выводу и заявил своим «мальчикам», что знает, как устроен атом. Крошечное ядро, вокруг которого масса свободного пространства, в котором летают электроны. Это была планетарная модель...

Физики решили в принципе повторить опыт Резерфорда. Только мишенью у них были не атомы фольги, а протоны. Для этого им понадобился сосуд с жидким водородом. Ядра-то атомов водорода — протоны... А снарядами были не тяжелые и неповоротливые альфа-частицы, а юркие и пока «точечные» электроны.

Задача же оставалась той же, что и у Резерфорда: обстрелять протоны электронами и по картине рассеяния попытаться определить строение протона.

Эзвучит просто. Методика одна и та же. Я хотел бы только напомнить, что размеры ядра атома водорода примерно в сто тысяч раз меньше размеров всего атома. В соответствии с этим можно считать, что сложность задуманного эксперимента возросла не менее чем в квадрат этой разницы, то есть в 10 000 000 000 раз...

Эксперимент был подготовлен в Стенфордском



Э. Ферми на лекции.



Р. Фейнман — выдающийся физик, один из создателей современной квантовой электродинамики. В свободное время Фейнман любит играть на бонго. Так называется маленький барабан, стучать на котором, по мнению ученого, большое искусство.

центре линейных ускорителей, на машине длиной в 3,2 километра. Электроны разгонялись до энергий 21 ГэВ. Для выделения и классификации частиц, вылетающих из водородной мишени, к ускорителю пристроили три магнитных спектрометра, которые направляли частицы в целую сеть детекторов. Сигналы от их счетчиков передавались на большую вычислительную машину, которая обрабатывала результаты и запоминала их для дальнейшего анализа.

В общем, прямо надо сказать, эксперимент был поставлен с размахом. И он стоил того. Если бы протон представлял собой сплошной шар с размазанным по нему зарядом, то электроны, попадающие в него, тормозились бы и либо застревали, либо пролетали бы насквозь, потеряв часть энергии. Но и здесь, как в опыте Резерфорда, часть снарядов отскакивала от протона, рассеиваясь на большие углы, как будто внутри, как в вишне, встречалось им твердое образование — «косточка».

Что-то в этом роде экспериментаторы, конечно, ожидали увидеть. Иначе зачем бы они «городили весь этот огород». И все-таки сюрприз был. Непонятно, что именно находилось внутри протона, с чем отождествить эти «вишневые косточки»? ..

Известный американский физик-теоретик Ричард Фейнман из Калифорнийского технологического института предложил назвать эти точечные образования «партонами» от английского слова *part* — часть. Но называть еще не значит объяснить. Сначала Фейнман предложил попробовать на роль партонов мезоны. Однако экспериментаторы дружно его опровергли, тут же доказав, что партоны начисто лишены основных свойств мезонов. Тогда тот же Фейнман выдвинул на роль партонов — кварки... Тут спорить было труднее, потому что кварков пока никто в глаза не видел, и существовали они только в теории. Но предложение было интересным. Впрочем, чтобы понять, что в нем особенно интересного, надо сначала познакомиться с самими кварками... .

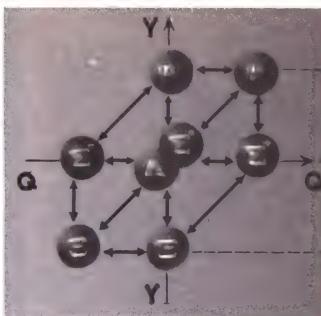
### ПРИМЕЧАНИЕ № 9,

в котором читатель в последний раз в нашей книжке встречается с проблемой классификации элементарных частиц

Пожалуй, прежде чем перейти к изложению сути вопроса, лучше взять небольшой разбег и для этого кратко повторить путь развития, который прошла классификация жителей микромира. Самую первую систематизацию мы провели по массам, электрическому заряду и спину частиц. Это сразу же позволило разделить их по классам взаимодействия.

Затем все сильно взаимодействующие частицы мы объединили в семейства, которые назвали зарядовыми мультиплетами. При этом каждый мультиплет описывался дополнительным квантовым числом — гиперзарядом, который зависел от зарядов всех членов семьи и был связан со странностью и барионным зарядом.

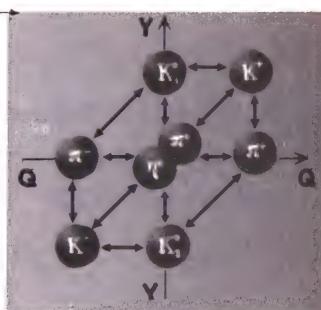
Название	Символ	Масса в МэВ	Заряд $Q$	Гиперзаряд $Y$	Зарядовый мультиплет
ПРОТОН НЕЙТРОН	$p$ $n$	938,3 939,6	+1 0	+1 +1	дублет
ЛАМБДА- ГИПЕРОН	$\lambda^0$	1115,6	0	0	синглет
СИГМА- ГИПЕРОНЫ	$\Sigma^+ \Sigma^0 \Sigma^-$	1189,4 1192,2 1197,3	+1 0 -1	0 0 0	триплет
КСИ- ГИПЕРОНЫ	$\Xi^0 \Xi^-$	1314,9 1321,3	0 -1	-1 -1	дублет



Известные к 1960 году барионы со спином  $S=1/2$ ,

Восемь барионов были в полном составе известны физикам, и они легко уложились в группу новой супермультиплетной классификации.

Название	Символ	Масса в МэВ	Заряд $Q$	Гиперзаряд $Y$	Зарядовый мультиплет
ПИОНЫ	$\pi^+$ $\pi^0$ $\pi^-$	139,6 135,0 139,6	+1 0 -1	0 0 0	триплет
КАОНЫ	$K^+$ $K^0$	493,7 497,7	+1 0	1 1	дублет
	$K^0$ $K^-$	497,7 493,7	0 -1	-1 -1	дублет
ЭТА- МЕЗОН	$\eta^0$	548,8	0	0	синглет

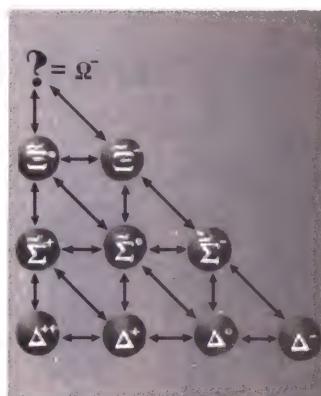


Известные к 1960 году мезоны со спином  $S=0$ ,

Восьмерка «легких» мезонов по новой классификации укладывалась в такую группу. Недостающим был эта-мезон, предсказанный Гелл-Манном в 1961 году и в том же году найденный экспериментаторами.

В группе резонансных гиперонов должно было быть 10 частиц со спином больше единицы. Сначала шли самые легкие — квартет дельта-гиперонов. Затем — триплет более массивных резонансных сигма-гиперонов. Известны были еще два резонансных кси-гиперона, составлявших дублет. Все! Одной частицы не хватало в построенной пирамиде...

Если идея Гелл-Манна верна, то вычислить свойства и характеристики «неизвестного» труда не составляло. А вот найти вычисленную частицу... На это экспериментаторам понадобился почти год и десятки тысяч экспериментов. В 1964 году «омега-минус-гиперон», предсказанный новой классификацией, был обнаружен!



В шестидесятых годах на исследователей буквально обрушился водопад новых короткоживущих частиц, которые распадались, как ракеты праздничного фейерверка, давая самые разнообразные букеты из более легких представителей микромира. Это были резонансы.

С вводом в строй все более мощных ускорителей отряд резонансов все пополнялся, и к нашим дням их общее количество перевалило уже за две сотни. Теоретикам сначала казалось, что причин для волнений нет. Все вновь открываемые частицы укладывались в зарядовые мультиплеты. Но скоро таких семейств оказалось просто слишком много. Они сами стали нуждаться в какой-то систематизации. И тогда возникла мысль объединить несколько зарядовых мультиплетов (синглетов, дублетов, триплетов) с разными гиперзарядами в более обширные группы — супермультиплеты. Во-первых, это явилось бы дальнейшим развитием классификации. Во-вторых, объединение разрозненных зарядовых мультиплетов очень уж походило бы на объединение атомов в семейства, как во времена составления таблицы элементов Менделеева. И оттого казалось еще более заманчивым.

Но какими должны быть эти супермультиплеты? И вот Гелл-Манн и Нейман одновременно и независимо друг от друга предложили так называемый восьмеричный путь. Пожалуй, основой для этого послужило то, что к тому времени уже было открыто восемь барионов, распределившихся по нескольким зарядовым мультиплетам.

По идеи все члены супермультиплета должны обладать одинаковым спином. Если нарисовать систему координат, в которой по горизонтали откладывать электрический заряд частиц — членов супермультиплета, а по вертикали — гиперзаряд, то получаются очень интересные картинки.

Посмотрите-ка, каким получился первый октет (восьмерка) барионов. Частицы, лежащие по одной горизонтали, — это члены одного зарядового мультиплета. А значит, они — родственники, обладающие близкими массами. Более того, массы всех частиц в супермультиплете подчиняются простым арифметическим соотношениям. Значит, если бы какой-нибудь из частиц, входящих в октет, физики бы не знали, массу ее тут же можно было бы вычислить...

После построения октета барионов теоретики обратились к мезонам. Но в то время экспериментаторы выудили из микромира только семь подходящих частиц: три Пи-мезона и четыре К-мезона (вы помните, что нейтральный каон оказался не тождественным своей античастице). Теория же требовала восьми частиц. И что же?.. В том же 1961 году, когда был сооружен теоретиками недостроенный октет мезонов, экспериментаторы открыли еще одну частицу, которую назвали Эта-мезон и которая завершила мезонный октет.

Когда подошла очередь резонансных частиц со спином 3/2, Гелл-Манн предположил, что они должны составлять супермультиплет не из восьми, а из десяти частиц. И все они должны были обладать спином больше единицы.

Десять штук частиц не могли располагаться шестиугольником. В выбранных координатах они ложились в «пирамидку» — многоэтажный треугольник. В первом этаже устроились четыре дельта-гиперона, во втором — три резонансных сигма-гиперона, в третьем — два кси-гиперона, а в четвертом?.. Четвертого этажа не было. Хотя по правилам следовало ждать, что там должен «сидеть» один массивный гиперон с отрицательным электрическим зарядом и, естественно, нулевым изотопическим спином. Ему даже имя дали «омега минус гиперон», массу подсчитали — 3300 электронных масс, время жизни вычислили... А найти не могли.

В 1964 году, когда экспериментаторы заканчивали просмотр стотысячной фотографии, снятой возле мощного ускорителя, они все-таки «углядели» следы распада именно такие, какие им уже начинали сниться по ночам. Недостающий гиперон был «изловлен»!

Что же, право, есть некоторые основания считать, что новая систематика получилась достаточно убедительной...





## ГЛАВА ТРИНАДЦАТАЯ

Казалось бы, после удачи с супермультиплетной классификацией все вопросы получили или, по крайней мере, должны были получить надлежащий ответ. Однако беспокойный народ эти физики. Если позволите — небольшая реминисценция. Иначе говоря — смутное воспоминание, наводящее на сопоставление...

Помните времена, когда Дмитрию Ивановичу Менделееву удалось разделить множество слабоупорядоченных химических элементов на строгие группы? Сколько было удач! Тут и объяснение свойств элементов и предсказания еще не открытых. Великий химик не упустил возможностей. Он сделал, что мог. Но одновременно сколько сил отдал он поискам «элемента ИКС», из которого могли быть построены все остальные химические элементы, включая и самый первый — водород?...

Поистине стремление свести многообразие окружающего мира к единым началам лежит у нас в крови...

В физике элементарных частиц тоже был подобный период. Вспомните работы Ферми и Янга, работы Тамма и Сакаты. Сколько усилий было употреблено, чтобы найти исходные частицы, из которых удалось бы построить все остальные. Со временем эти попытки вроде бы прекратились. Может быть, причина была в увлечении супермультиплетами...

И вот после того как перед физиками открылась ясная дорога совершенствования «восьмеричного пути», как назвал Гелл-Манн свою систематизацию, именно тогда...

### В ПОИСКАХ ОСНОВЫ ОСНОВ...

Впрочем, здесь лучше дать слово специалисту. Вот как пишет об этом известный советский ученый, доктор физико-математических наук профессор Я. А. Смородинский: «... несколько лет назад была высказана простая и понятная идея, что все элементарные частицы состоят из трех самых элементарных частиц — кварков».

«Боже мой! — вправе воскликнуть читатель и, схватившись руками за голову, закачаться наподобие древнего дервиша, узревшего джинна. — Опять все сначала!»

И он будет почти прав, наш уважаемый читатель. Почти, потому что не с самого начала...

Кварки, из которых Гелл-Манн (все тот же неугомонный Гелл-Манн) и второй физик, независимо от него, — Г. Цвейг — предлагали строить все остальные частицы, должны были иметь одно необычное свойство — их электрические и барионные заряды должны были быть дробными, кратными одной трети.

Получалось, что электрон уже не является больше носителем минимального неделимого «атома электричества»? Ну и что же? Это обстоятельство нимало не смущало физиков. Два кварка, по их предположениям, образовывали зарядовый дублет так же, как, например, протон с нейтроном. Чтобы подчеркнуть, что они почти не различаются, Фейнман предложил назвать их «*u*» от слова «up», что в переводе означает «вверх», и «*d*» от слова «down» — «низ». Третий кварк — одиночка — составлял синглет подобно ламбда-гиперону (из числа странных частиц) и потому получил символ «*s*» от слова «strange» — странный.

Название	Символ	Электрический заряд	Барионный заряд	Странность
Кварк	<i>u</i>	+2/3	+1/3	0
Кварк	<i>d</i>	-1/3	+1/3	0
Кварк	<i>s</i>	-1/3	+1/3	-1



Что значит имя? Роза пахнет розой,  
Хоть розой назови ее, хоть нет...

В. Шекспир

У каждого кварка был и свой антикварк, у которого все знаки перед приведенными в таблице величинами обратны. Спин кварков приняли равным половине. Теперь из трех новоиспеченных первоначал оказалось несложно сложить все имеющиеся частицы...

Гипотеза кварков оказалась чрезвычайно полезной. Мало того, что из них составлялись модели всех частиц. С помощью кварков можно было определить магнитные моменты этих частиц и даже тип распада. Если бы кварки существовали как тяжелые частицы, то при синтезе из них адронов должно было выделяться фантастическое количество энергии — в тысячи и тысячи раз больше, чем при термоядерных реакциях. Это обстоятельство могло бы помочь астрофизикам объяснить непонятные

пока, слишком мощные для известных нам физических процессов, взрывы в ядрах галактик и других небесных объектах.

Короче говоря, кварки надо было срочно открыть экспериментально! Сегодня о том, какие усилия и сколько «хитрости» было приложено учеными всего мира, чтобы обнаружить кварки, уже можно написать увлекательный роман. Но, увы, это будет роман без конца! Пока, несмотря на все усилия, ни на Земле, ни в космосе кварки не найдены.

«...Сомнительно, что кварки существуют в свободном состоянии. Так же как звук не существует в пустоте, так и кварки не могут существовать в свободном состоянии, хотя возможно, что они играют важную роль в структуре элементарных частиц». Эти слова, выражющие довольно распространенную точку зрения большинства специалистов, принадлежат члену-корреспонденту Академии наук СССР Д. И. Блохинцеву.

Получается, что кварки в принципе невозможно обнаружить, раз их нельзя отделить от адронов, частью которых они являются... Чтобы пояснить это более наглядно, вспомним обычный магнит. Сколько бы мы ни резали его на куски, нам никогда не удастся отделить северный полюс от южного. Может быть, так же обстоят дела и с мезоном, состоящим из кварка и антикварка? Любая попытка разделить его на составляющие приводит к тому, что мы получаем каждый раз два мезона...

Однако несмотря на то, что кварки до сих пор не найдены экспериментаторами, теория их развивается. В 1965 году была выдвинута гипотеза существования новой разновидности кварков. Шелдон Глэшоу, один из авторов гипотезы, так рассказывал об этом: «Эстетические доводы привели Бьюркена и меня к идеи четвертого кварка. Поскольку лептоны и кварки — наиболее фундаментальные частицы и имеются четыре вида лептонов, то почему бы и кваркам не иметь четырех видов? Мы назвали наш кварк «очарованным» — «charmed», так как были восхищены и очарованы той симметрией, которую он внес в мир субъядерных частиц».

Но были, конечно, и необходимые теоретические предпосылки в пользу существования чарм-кварка, помимо эстетических. Эти важные теоретические положения были разработаны группой Глэшоу в 1970 году.

Однако гипотеза о существовании «очарованных кварков» далеко не всеми учеными принималась на веру. Очень уж не хотелось увеличивать количество «первостоинств». После того как кварков стало четыре, молодой сотрудник Глэшоу, теоретик Альваро де Рухула на международной конференции 1976 года в Тбилиси показал четыре шуточных рисунка кварков. Напечатанные в том же году солидным научным журналом символы де Рухулы прижились, закрепив окончательно и названия гипотетических частиц: Up, Down, Strange и Charmed. Но уже в том же журнале есть примечание, гласящее, что



Кварки, нарисованные Альваро де Рухула в Тбилиси.



Так выглядит фотография акта рождения и распада новой частицы антисигма-минус-гиперона, открытой дубненскими физиками в 1960 году.

только разнообразие цветов может дать нарисованным кваркам всю юридическую полноту прав. Что это значит? Увы, это значит, что помимо четырех кварков их следует еще различать и по «цвету»... Конечно, здесь цвет следует понимать не в обычном смысле, а в том, в каком мы уже приняли термин «странный» и «очарование». Цвет — это просто новое квантовое число, которое может принимать три значения.

Теория кварков пока очень сложна. В ней еще немало таких мест, которые неясны и самим специалистам. Но такой была участь многих теорий в период их рождения.

Следует ли из всего сказанного выше считать, что мы вернулись к отвергнутому некогда предположению о единстве первоначал, составляющих основу мира? И что этими первоначалами являются кварки? Пожалуй, вместо того, чтобы сказать категорическое «да» или не менее категорическое «нет», приведу-ка я лучше еще одну точку зрения, бытую среди физиков нашего времени. Дело в том, что одной из самых больших неожиданностей микромира является способность сильно взаимодействующих частиц превращаться друг в друга, рождаться вдруг и также вдруг исчезать. Вокруг протона и нейтрона, как выяснилось, имеется целое облако мезонов, которые определяют свойства нуклонов. Но в то же время каждый мезон сам построен из нуклонов и антинуклонов... «В известном смысле, — говорит академик М. А. Марков, — можно сформулировать тезис, что «Все» (то есть каждая элементарная частица) состоит из «Всего» (то есть из всех элементарных частиц). Конечно, ничего подобного не было за всю предыдущую историю атомизма».

При такой «ядерной демократии», когда все сильно взаимодействующие частицы оказываются равноправными, понятие первоматерии как бы исчезает. Ведь «все», из чего может быть построен любой атом, молекула и так далее, является одновременно и перво- и последматерией.

Еще более крайний характер отрицания существования главных частиц, составляющих основу мира, носит так называемая теория бутстрата. (Этот термин произошел от английского выражения «поднять себя за шнурки», что равноценно русскому — «поднять себя за волосы»). По этой теории, вернее назвать ее еще одной теоретической гипотезой, каждая элементарная частица является сложной динамической системой. Она неразрывно связана со всеми остальными частицами, которые ее породили, и сама участвует в процессе такого же рождения всех других.

Но ведь это и есть то самое «все из всего», о котором говорил советский академик. Такой взгляд имеет давние традиции. Еще в древнеиндийской философии существовал взгляд на мир, гласящий, что каждый индивидуальный объект содержит в себе все остальное... Есть даже миф, в котором рассказывается о жемчужном ожерелье

Инды, в каждом зерне которого отражались все остальные...

По мнению Дж. Чу, одного из создателей бутстррап-гипотезы, равноправие всех частиц является большим достижением, чем «аристократичность» кварков. «Будь кварки фундаментальными частицами, — пишет он, — предстояло бы еще понять, почему они встречаются только тройками, а не комбинациями из другого количества частиц».

Существование таких противоположных гипотез, как кварки и бутстррап, с одной стороны конструирующие адроны из кварков, а с другой — утверждающие, что все состоит из всего, говорит о глубоком кризисе, который переживает сейчас само понятие элементарности.

Ну, а что же думает сам создатель теории «восьмеричного пути»? В 1962 году лауреат Нобелевской премии М. Гелл-Манн приезжал в Советский Союз в Дубну на Международную конференцию по физике высоких энергий. И, конечно, ему был задан вопрос: «А существуют ли кварки?».

— Who knows?... — ответил Гелл-Манн. — Кто знает?...

Когда я дописал эту главу, то почувствовал, как бы хорошо поместить в «примечание» полную таблицу со всеми частицами, с перечнем их свойств и обязательно классифицированные по наиновейшей системе. Я даже представил себе, как красиво будет выглядеть такая таблица, имеющая в своей основе таинственные кварки, и принялся за работу.

С самого начала это оказалось не так просто. Смутило то, что физики-теоретики уже давно предсказали кроме имеющихся, так сказать, «живых» частиц, еще целый ворох пока не открытых. Многие из них обладали весьма странными свойствами, с трудом «влезали» в классификацию, а главное, никто не мог сказать, когда экспериментаторы «сподобятся» их открыть и вообще откроют ли?..

Поколебавшись, я не стал записывать в свой перечень эти частицы-призраки. Решил, что обойдусь только теми, которые известны наверняка.

Я работал трудолюбиво и долго. И в конце концов трудности остались позади. Я перечертил и переписал таблицу набело, полюбовался ее стройностью и понес показать одному из своих приятелей, физику-теоретику, который как раз занимался проблемами элементарных частиц и обычно либо пропадал на конференциях, либо торчал в Гатчине на синхротроне.

Мне повезло. Он оказался дома с гриппом. Похвалив меня за труженичество, он обещал проверить, все ли правильно. Я был очень горд.

## ВМЕСТО ПОСЛЕСЛОВИЯ РАЗГОВОР АВТОРА С ПРИЯТЕЛЕМ- ФИЗИКОМ



С. Тинг рассказывает историю открытия новой частицы Джей в аудитории Европейского Центра Ядерных Исследований (ЦЕРН).  
21 ноября 1974 года.

Пару дней спустя, вернувшись вечером домой, я нашел на письменном столе свою таблицу с надписью: «Все так, но не полно. Хи-хи!» Рядом лежала статья, в которой рассказывалось об открытии новой частицы.

«Ну и что? — подумал я.— Сейчас вставлю ее в свою таблицу, пополню, так сказать, творение последними достижениями науки и — ладушки...» Но «ладушки» не получались. Очень уж было непонятно, куда, к какому отряду уже известных частиц нужно пристраивать новую. С одной стороны, она была похожа на фотон. Но с другой — масса ее втрое превосходила массу «тяжеловеса» протона. Однако и к адронам — частицам сильных взаимодействий отнести ее было нельзя, потому что жила она для этого слишком долго...

Странная частица, правда? Пожалуй, лучшим выходом из положения было подождать приятеля и поговорить с ним.

Наконец он вернулся из Бакуриани с конференции, и мы встретились. Вот что он мне рассказал.

Первыми обнаружили новую частицу физики Брукхейвенской национальной лаборатории. Они облучали потоком протонов бериллиевую мишень на старом синхротроне и с помощью детектора следов наблюдали электрон-позитронные пары, рождавшиеся на самом последнем этапе эксперимента. Все шло, как запланировали. И вдруг — неожиданность. В распределении по массам узкий и высокий пик говорил о существовании нового и очень долгоживущего резонанса.

Руководитель группы профессор Тинг даже растерялся. Он ходил взад и вперед со злосчастным рисунком-графиком в кармане и молчал. Сотрудники его группы тщательно проверили еще и еще раз результаты, оценили процессы, которые могли бы имитировать событие, обсудили все возможные интерпретации, произвели кинематический анализ... Короче говоря, они готовили



Руководитель Стенфордской группы, открывшей частицу Пси, Барт Рихтер с женой на вечеринке, устроенной по поводу присуждения ему Нобелевской премии в ноябре 1976 года.

статью об открытии. И на вопросы коллег предпочитали давать уклончивые ответы.

Тинг поехал в Стенфордский университет. Там на ускорителе другого типа под руководством Барта Рихтера велись схожие эксперименты. Задав машине условия, близкие тем, что были в Брукхейвене, стенфордцы буквально в течение одной ночи обнаружили существование удивительной частицы. Вот тогда-то Чу и вытащил из кармана заветную фотографию.

Статьи обеих групп были опубликованы в одном номере журнала с той лишь разницей, что брукхейвенская группа назвала свою частицу «джей», а стенфордцы — «пси».

Злые языки утверждали, что руководитель брукхейвенской группы настаивал на своем названии новой частицы потому, что китайский иероглиф, с помощью которого пишется фамилия Тинг, необычайно похож на английское написание «джей». Но это, конечно, имеет совсем небольшое отношение к науке и приводится лишь для того, чтобы читатель понял — за каждым опытом, за каждым открытием в любой отрасли науки стоят люди.

Кстати, узнав о результатах Брукхейвена и Стенфорда, итальянские физики из Фраскатти — лаборатории ядерных исследований, расположенной недалеко от Рима, — подняли мощность своей установки «Адона» до предела и вроде бы тоже подтвердили существование новой частицы.

Во всяком случае, свои результаты они продиктовали в редакцию того же журнала прямо по телефону, чтобы успеть в номер...

Как только статьи были опубликованы, в редакцию стали приходить письма физиков-теоретиков со всевозможными объяснениями непонятного явления. По меньшей мере дюжина таких теорий увидела свет в следующем же номере журнала. И две или три из них оказались весьма многообещающими.

Новая частица категорически требовала, чтобы ее составляли из очарованного кварка и антикварка, ее собственное суммарное очарование при этом равнялось нулю. Но если согласиться на введение четвертого кварка, то в будущем следовало ждать еще не одну и не две частицы, а целого их выводка. В каждой очарованный кварк соединялся бы с «обычным» антикварком или, наоборот, создавая новые и новые частицы, с ненулевым очарованием.

Теоретики все еще продолжали спорить, когда экспериментаторы на своих ускорителях стали получать загадочные очарованные частицы одну за другой.

В июле 1977 года в Батавии на самом мощном ускорителе получили еще одну частицу типа Джей-Пси, но со значительно большей массой. К осени она расщепилась на три и стало похоже, что история, которую я так трудолюбиво описывал до этого, стала повторяться...



Члены группы С. Тинга упорно отстаивают предложенное ими название для новой частицы в лаборатории Брукхейвена.



Синхрофазотрон  
в Дубне. Вес магнита этого  
«небольшого»  
физического прибора —  
примерно 36 000 тонн.

«Знаешь, — сказал мой приятель-физик, — я думаю, нам предстоит ожидать новых типов кварков. Кстати... — Он почему-то улыбнулся и вытащил из портфеля препринт Института физики высоких энергий. — Я подумал, что тебе это может быть интересно. Последний препринт. Свеженький...»

Он положил тоненьку тетрадочку на стол и ушел. А я остался читать... «В нейтринном эксперименте на камере СКАТ зарегистрировано образование тяжелой короткоживущей нейтральной частицы с массой  $1,4 \text{ г}_m \ll 2,5 \text{ ГэВ/с}^2$  и временем жизни  $t \sim 6 \cdot 10^{-12} \text{ с}$ . Событие может быть интерпретировано как рождение и распад тяжелого лептона... Не исключена вероятность интерпретации события как одиночного рождения в недиагональном нейтральном токе очарованной частицы  $D^0 \rightarrow e^+ \pi^- + \nu_e \dots$ »

В конце стояла приписка о том, что «Рукопись поступила в издательскую группу 11 февраля 1977 года».

Вот вам и тяжелый лептон. Частица с нулевым зарядом, как у нейтрино, но с огромной массой — это же надо! Уж ей-то точно нет места в моей классификации, а между тем она существует...

Что мне оставалось делать? Взял я свою таблицу, спрятал в папку и отложил до лучших времен. Может быть, они наступят очень скоро. Потому что если собрать вместе все нерешенные на сегодняшний день проблемы ядерной физики и физики элементарных частиц, то получится такой высокий холм, с высоты которого можно сразу увидеть, что мы стоим на пороге больших и серьезных достижений. Когда это случится? Трудно сказать. Может быть, тогда, когда нынешнее поколение физиков-теоретиков подготовит новую классификацию, которая просуществует без изменений хотя бы то время, которое необходимо, чтобы написать о ней книжку.

ПРИВЕТ УЧАСТНИКАМ X МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ ПО УСКОРИТЕЛЯМ!  
WELCOME TO PARTICIPANTS OF X INTERNATIONAL ACCELERATOR CONFERENCE



Международная конференция по ускорителям в Серпухове в 1976 году.

А может быть, моей таблице предстоит лежать в папке до тех пор, пока на смену сегодняшним физикам не придут новые... Не исключено, что в их числе будет кто-то из вас, мои читатели. Тогда, пожалуйста, вспомните эту книжку и напишите мне о своей работе. Я буду ждать...

# С О Д Е Р Ж А Н И Е

Предисловие	5
-------------	---

## ЧАСТЬ ПЕРВАЯ,

в которой пойдет речь о том, как представляли себе люди строение материи в древнейшие времена, а также о том, как родилась наука о превращениях тел — Химия

11

<b>ГЛАВА ПЕРВАЯ</b>	Из чего состоит всё?	12
	Рождение химии и как из химии получалась алхимия	14
	Элементы — стихии, любовь и ненависть в природе	17
	Аристотель (384—322 годы до нашей эры)	18
	Атом атому рознь	21
 <b>ГЛАВА ВТОРАЯ</b>	 Как стать властелином мира?	26
	Поэтическая энциклопедия алхимии	30
	Ятрохимия — искусство приготовления лекарств	31
	Начало технической химии	34
	«Химик-скептик»	37
	Дайте мне материю и движение, и я построю мир!	42
	Подчинить явления природы законам математики	44
 <b>ГЛАВА ТРЕТЬЯ</b>	 Первый русский академик	47
	Таинственный флогистон	49
	История не принимает соболезнований	51
 <b>ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ</b>	 Атомистика Джона Дальтона	55
	Каждый может учиться у всех и все у каждого	60
	В Гейдельберге	63
	Химический пасьянс Дмитрия Ивановича Менделеева	68
	От периодической таблицы к периодическому закону	70
	Небольшое послесловие к первой части, которое нетерпеливый читатель может и пропустить	74

**ЧАСТЬ ВТОРАЯ,****повествующая о том, как физики отобрали атом у химиков и что из этого вышло**

<b>ГЛАВА ПЯТАЯ</b>	Мир из частиц . . . . .	78
	О человеке, одаренном способностью удивляться кстати, а также о том, как люди перешли от представлений о частицах-корпускулах к волнам света. . . . .	82
	Электричество и магнетизм — можно ли соединять несоденимое? . . . . .	85
	Самое капризное дитя науки . . . . .	88
	Диапазон электромагнитных волн расширяется . . . . .	90
	«О новом роде лучей» . . . . .	94
	Династия Беккерелей . . . . .	98
	Новые источники излучения . . . . .	102
<b>ГЛАВА ШЕСТАЯ</b>	Джи-Джи Томсон — профессор Кавендишской лаборатории Атом — это так же просто, как пудинг с изюмом . . . . .	105
	Новогодняя речь лорда Кельвина и «ультрафиолетовая катастрофа» . . . . .	107
	Что такое кванты и в чем заключалась «счастливая догадка» Макса Планка . . . . .	110
	Фотоэффект с позиций квантовой теории . . . . .	113
	Кризис в физике в конце XIX — начале XX столетия . . . . .	115
	Примечание № 1, из которого читатель узнает, каким представляли себе атом физики начала XX века . . . . .	117
	Сообщение № 1 . . . . .	121
	Сообщение № 2 . . . . .	122
	Сообщение № 3 . . . . .	122
	Сообщение № 4 . . . . .	123
	Сообщение № 5 . . . . .	123
	Сообщение № 6 . . . . .	124
	Сообщение № 7 . . . . .	124
<b>ГЛАВА СЕДЬМАЯ</b>	Как узнать, что находится внутри пудинга? . . . . .	125
	Планетарная модель атома водорода обретает устойчивость	130
	Алхимия XX века . . . . .	135
	Питомник гениев на <i>Free school line</i> . . . . .	138
<b>ГЛАВА ВОСЬМАЯ</b>	Профессор Зоммерфельд вносит поправки . . . . .	142
	Примечание № 2, в котором читатели найдут объяснение некоторых философских терминов, встречающихся в нашей книжке . . . . .	145
	Как устроены молекулы и почему они не разваливаются на отдельные атомы? . . . . .	146
	Принцип запрета Вольфганга Паули . . . . .	148
	Примечание № 3, в котором читатель найдет напоминание о квантовых числах, позволяющих отличать невидимые частицы друг от друга . . . . .	150
<b>ГЛАВА ДЕВЯТАЯ</b>	Электрон — частица? Электрон — волна? . . . . .	152
	Нобелевская премия — «за» и Нобелевская премия — «против» . . . . .	155
	Модель атома наглядных аналогий не имеет . . . . .	157
	Электрон — и волна, и частица . . . . .	159
	Микромир как он есть и микромир как мы его «видим».	161
	Автопортрет электрона . . . . .	165
	Уха из минус двух рыб... . . . . .	168
	Про то, как Джемс Чедвик открыл нейтрон, и еще про то, что стало ясно физикам после этого открытия... . . . . .	170

<b>ГЛАВА ДЕСЯТАЯ</b>	Мечтатель нового типа . . . . .	175
	Физтех — советская школа физиков . . . . .	178
	На пути к атомному ядру . . . . .	182
	Атомное ядро . . . . .	186
	Под знаком нептуния . . . . .	189
	Примечание № 4, которое может пригодиться тем, кто за- интересуется сверхтяжелыми трансуранами . . . . .	193
	Трансурановые элементы . . . . .	194
	Примечание № 5, в котором речь идет об устойчивости атомных ядер, а также о необычайном путешествии по морю нестабильности от материка к неведомым остро- вам . . . . .	196
	Подарок Парижскому конгрессу . . . . .	198
	Короткое сообщение . . . . .	199
	Есть «сто шестой»!	200
	Короткое сообщение . . . . .	202

## ЧАСТЬ ТРЕТЬЯ,

в которой физики, продолжая штурмовать атом, попадают в волшебный мир  
элементарных частиц

205

<b>ГЛАВА ОДИННАДЦАТАЯ</b>	Что такое взаимодействие? . . . . .	206
	Когда частей оказалось больше, чем нужно для целого .	210
	Примечание № 6, в котором читатель встречается с первой попыткой систематизации частиц . . . . .	212
	Машины для ускорения частиц . . . . .	213
	Примечание № 7, которое следовало бы прочесть, чтобы не спотыкаться, знакомясь со следующими главами, ибо речь в нем идет об энергии частиц и о единицах ее из- мерения . . . . .	216
	Ступени развития атомных машин . . . . .	217

<b>ГЛАВА ДВЕНАДЦАТАЯ</b>	Нашествие странных частиц . . . . .	225
	Загадка «тау — тета», или Не является ли господь бог левшой?	229
	Примечание № 8, в котором читатель встретится еще с од- ной попыткой классификации элементарных частиц .	234
	О том, как физики открыли частицы-резонансы и задумались над вопросом, элементарны ли элементарные частицы?	236
	Примечание № 9, в котором читатель в последний раз в на- шей книжке встречается с проблемой классификации эле- ментарных частиц . . . . .	240

<b>ГЛАВА ТРИНАДЦАТАЯ</b>	В поисках основы основ . . . . .	243
	Вместо послесловия разговор автора с приятелем-физиком	247



*Дорогие ребята!*

*Присылайте нам ваши отзывы о прочитанной книге, о ее содержании и оформлении. Укажите свой точный адрес и возраст.*

*Пишите по адресу:*

*Ленинград, 192187, наб. Кутузова, 6.*

*Дом детской книги.*

Для старшего возраста

**Томилин**

**Анатолий Николаевич**

**В ПОИСКАХ  
ПЕРВОНАЧАЛ**

Ответственный редактор *В. К. Зиборов*. Художественный редактор *Г. П. Фильчаков*. Технический редактор *Т. С. Тихомирова*. Корректоры *Л. Л. Бубнова, А. Г. Земцова и В. Г. Шишина*.

ИБ 2581

Сдано в набор 11/V 1978 г. Подписано к печати 30/XI 1978 г. Формат 70×100<sup>1</sup>/<sup>16</sup>. Бумага офсетная № 1. Шрифт академический и журнально-рубленый. Печать офсетная. Печ. л. 16. Усл. печ. л. 20,8. Уч.-изд. л. 19,03. Тираж 100 000 экз. М-26257. Заказ № 553. Цена 85 коп. Ленинградское отделение ордена Трудового Красного Знамени издательства «Детская литература». Ленинград, 192187, наб. Кутузова, 6. Фабрика «Детская книга» № 2 Росглавполиграфпрома Государственного комитета Совета Министров РСФСР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Ленинград, 193036, 2-я Советская, 7.

**Томилин А. Н.**

**Т-56 В поисках первоначал. Научно-художественная книга. Автор предисловия и научный редактор докт. физ.-мат. наук В. М. Шехтер. Рис. Б. Забирохина. Л., «Дет. лит.», 1978. — 254 с., ил.**

Автор знакомит читателей с историей развития научных представлений о строении вещества. Читатели узнают, как в XX веке сбылась мечта древних алхимиков: люди научились одно вещество превращать в другое, овладев энергией атома. Книга помогает школьникам усваивать материалистическое мировоззрение.

001

70803—194  
Т————— Без объявл.  
М101 (03) —78

ак-  
ва.  
на.

тат  
ур-  
8.  
53.  
ого  
37,  
ф-  
по  
ид,





85 коп.

ИЗДАТЕЛЬСТВО  
«ДЕТСКАЯ ЛИТЕРАТУРА»

